INHALT, ZUGÄNGLICHKEIT UND LEBENSDAUER DER QUARTÄREN SAND- UND KIESLAGERSTÄTTEN IM REGNITZTAL ZWISCHEN NÜRNBERG-FÜRTH UND BAMBERG-STRULLENDORF

vorgelegt

von

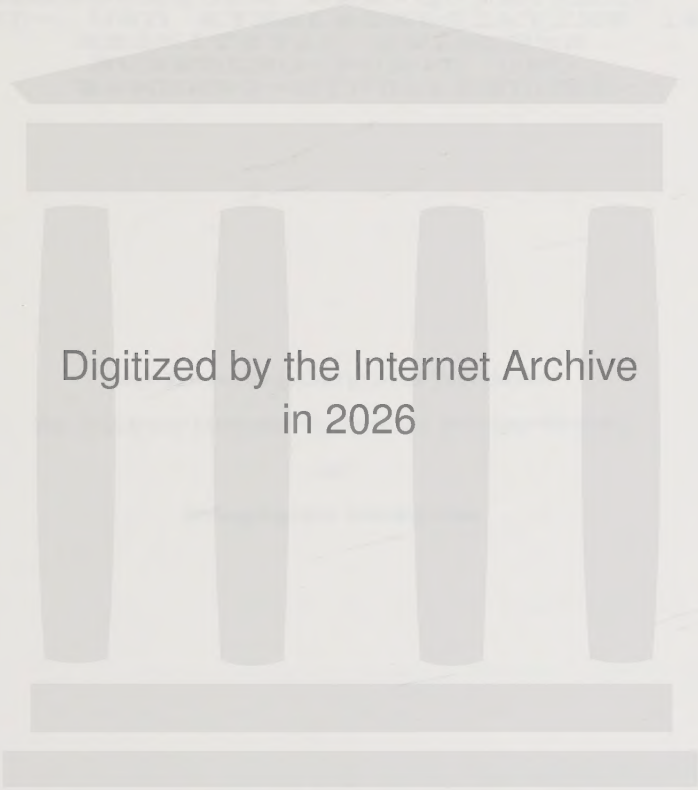
Wolfgang Eberlein

aus

Rehau/Ofr.

Disbui. Erlangen

1987


Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41538124_0013

INHALT, ZUGÄNGLICHKEIT UND LEBENSDAUER DER QUARTÄREN SAND- UND KIESLAGERSTÄTTEN IM REGNITZTAL ZWISCHEN NÜRNBERG-FÜRTH UND BAMBERG-STRULLENDORF

Den Naturwissenschaftlichen Fakultäten

der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

zur

Erlangung des Doktorgrades

vorgelegt

von

Wolfgang Eberlein

aus

Rehau/Ofr.

Als Dissertation genehmigt von den Naturwissenschaftlichen Fakultäten der Universität Erlangen - Nürnberg

Tag der mündlichen Prüfung: 23.11.1987

Vorsitzender der Prüfungskommission: Prof. Dr. Nollau

Erstberichterstatter: Prof. Dr. Lüttig
Zweitberichterstatter: Prof. Dr. Schwan
Drittberichterstatter: Prof. Dr. Ziegler

Für Andrea

Danksagung

Herrn Professor Dr. G. Lüttig danke ich herzlich für die Überlassung des interessanten Themas, seine stete Bereitschaft für zahlreiche klärende Gespräche im Institut für Geologie und Mineralogie in Erlangen und für sein Interesse am Fortgang der vorliegenden Arbeit.

Für die freundliche Bereitstellung von Datenmaterial schulde ich den Mitarbeitern des Wasserschiffahrtsamtes/Nürnberg, der Autobahndirektion/Nürnberg, der Stadtwerke, der Planungs- und Tiefbauämtern der Städte Nürnberg, Fürth, Erlangen und Forchheim sowie der Landesgewerbeanstalt/Nürnberg meinen Dank.

Besonders hilf- und lehrreich waren auch die Gespräche mit den Besitzern und Mitarbeitern der Sand- und Kiesgruben im Regnitztal vor Ort. Besonderer Dank gilt dabei den Mitarbeitern der Firma Röckelein Beton.

Für die Durchsicht des Manuskriptes sei an dieser Stelle meinem langjährigen Freund W. Heidhardt nochmals recht herzlich gedankt.

Den allermeisten Dank schulde ich jedoch meiner Ehefrau Andrea, die mir immer hilfreich zur Seite stand und steht. Ihr ist diese Arbeit gewidmet.

Nicht zuletzt möchte ich allen Mitarbeitern des geologischen Institutes Erlangen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, danken.

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

		Seite
1.	Zusammenfassung	1
	Abstract	3
2.	Einleitung und Problemstellung	6
3.	Zielsetzung	11
4.	Regionale Geologie und Rahmen der quartären Ablagerungen der Regnitz	13
4.1.	Arbeitsgebiet und geologischer Rahmen	13
4.2.	Flußgeschichte und Alter der quartären Ablagerungen der Regnitz	14
4.2.1.	Die Terrassensedimente	14
4.2.2.	Die Flußgeschichte	17
5.	Untergliederung des Regnitztales	22
6.	Statistische Auswertungen zur "Sand- und Kieslagerstätte Regnitztal"	27
6.1.	Interpretation der statistischen Auswertungen	32

6.2.	Denkmodell zu den Grobklastika an Flußmündungsbereichen	37
7.	Flächennutzungen und Interessenskonflikte im Regnitztal	43
7.1.	Flächennutzungen	43
7.2.	Interessenskonflikte	46
7.3.	Die Flächennutzungen im Regnitztal im Einzelnen	49
8.	Die Böden im Untersuchungsgebiet	57
8.1.	Die Böden im Einzelnen	58
9.	Entwicklung einer Rohstoffsicherungskonzeption für die oberflächennahen Rohstoffe Sand und Kies im Regnitztal	62
10.	Die Lebensdauer der Sand- und Kieslagerstätten im Regnitztal	70
11.	Qualitative Untersuchungen an Sanden und Kiesen aus dem Regnitztal	80
11.1.	Kornzusammensetzung	83
11.2.	Frostbeständigkeit	87

11.3.	Gehalt an Stoffen organischen Ursprungs	88
11.4.	Kornform, lithologische Zusammensetzung und Festigkeit	88
11.5.	Gehalt an abschlämmbaren Bestandteilen	89
11.6	Zusammenfassung der qualitativen Untersuchungen	89
12.	Literaturverzeichnis	90
13.	Anhang	99
13.1.	Legende zu den Bohrprofilen	100
13.2.	Lagekarten zu den Bohrungen und Profilen	101
13.3.	Geologische Profile durch das Regnitztal	105
13.4.	Karten der Quartärbasis und der Quartärmächtigkeit im Regnitztal	163
14.	Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen	171

1. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird eine großräumige, wirtschaftsgeologische Voruntersuchung des Regnitztales zwischen den Städten Nürnberg im Süden und Bamberg im Norden bezüglich potentieller Abbaustätten für die oberflächennahen Rohstoffe Sand und Kies durchgeführt. Dabei finden die Zugänglichkeit, die Inhalte und die voraussichtliche Lebensdauer der potentiellen und geplanten Abbaustätten besondere Beachtung und kartographische Darstellung.

Es wurde versucht, die bestehenden unterschiedlichen Flächennutzungen gegenüber dem volkswirtschaftlichen Interesse, der Versorgung mit heimischen Rohstoffen abzuwägen und aus den gewonnenen Erkenntnissen eine Rohstoffsicherungskonzeption zu entwickeln. Die vorgeschlagene Konzeption beruht auf der überlegung, den begrenzten Raum möglichst effektiv zu nutzen. Es bedurfte dazu der Auswertung einer Vielzahl von Daten und deren Darstellung in verschiedenartigen, aufeinander aufbauenden Karten.

Als Quintessenz des Kartenwerkes, das aus Isolinienkarten der Quartärbasis, Mächtigkeitskarten des Quartärs, Flächennutzungskarten und Quartärverteilungskarten besteht, entstanden die "Karten der potentiellen Abbaustätten für die oberflächennahen Rohstoffe Sand und Kies im Regnitztal".

Die in den potentiellen und geplanten Abbaustätten zu erwartenden Ressourcen an den oberflächennahen Massenrohstoffen

Sand und Kies wurden nach sachspezifischen Klassifikationsschemata bewertet und berechnet.

Qualitativ handelt es sich bei den Regnitzsedimenten um relativ unreine Klastika, die im Wesentlichen in der Bauindustrie ihre Verwendung finden. Dort erfüllen die Sande und Kiese des Regnitztales teilweise sogar die erhöhten DIN-Anforderungen.

Den Hauptanteil der quartären Terrassensedimente der Regnitz stellen die Sandfraktionen. Die sogenannten Betonkiese, d.h. Korngrößen > 2 mm, sind nur untergeordnet vorhanden. Gemittelt über den Untersuchungsraum beträgt das Sand/Kies-Verhältnis ca. 5 : 1.

Gemäß dieser ungleichen Verteilung sind Verknappungstendenzen des Massenrohstoffes Sand, wie sie andernorts bereits auftreten, für die nächste Zukunft im Bereich des Regnitztales nicht zu erwarten. Bei den Kiesen hingegen sind bereits jetzt Verknappungserscheinungen zu beobachten. Häufig muß schon heute Kies aus anderen Flußsystemen bzw. gebrochenes Material verwendet werden.

Eine längerfristige Versorgung der Region mit kostengünstigen heimischen Rohstoffen, wie sie die Regionalplanung vorsieht, ist mit den bereits geplanten und in den Flächennutzungs- bzw. Regionalplänen ausgehaltenen Abbaustätten nicht sicherzustellen.

Erst die Freihaltung und Sicherung der potentiellen Abbaustätten, als Vorbehalts- bzw. Vorangflächen, wie sie in den "Karten der potentiellen Abbaustätten für die oberflächen-

nahen Rohstoffe Sand und Kies im Regnitztal" verzeichnet sind, würde eine Versorgung bis weit in das nächste Jahrhundert hinein ermöglichen.

Abstract

In this thesis the economic geology of the Regnitz valley between Nuremburg and Bamberg, Northern Bavaria, is extensively analysed in order to locate possible sites for working of near-surface sand and gravel. Accessibility, content and presumed life-time of potential and planned workings in particular are dealt with, and are represented on maps.

An attempt has been made to find a balance between the various present areas of exploitation and the political/economic interest, i.e. the supply on the base of local resources, and to develop a concept to secure these resources. The concept suggested is based on the need to use the limitated natural space most efficiently. To accomplish this aim it has been necessary to eveluate a multitude of data and to interpret them on various inter-related maps.

The maps produced were depth contour maps of the quarternary base, isopach maps of quarternary sediments, maps of the exploitation of particular areas and quarternary distribution maps. These culminate in maps which show the

potential workings of the superficial sand and gravel resources in the Regnitz valley.

The expected reserves in the planned and potential workings of these bulk materials sand and gravel have been evaluated according to specific classification-schemes.

The Regnitz deposits comprise of relatively impure clastic sediments which are used predominantly in the construction industry. In this role they in part fulfill the DIN-requirements, including in part even the extended versions.

The main portion of the quarternary terrace sediments of the Regnitz are within the sand fraction. The gravels for concrete with grain sizes exceeding 2 mm in diameter are less common. The average ratio of sand to gravel in the investigated area is ca. 5 : 1.

Due to this unequal distribution, shortages of sand, which have already been experienced elsewhere, are not to be expected, in the near future, in the Regnitz valley. Shortages of gravel, however, are observed at present. Frequently gravel from other river systems or substitutes like crushed stone material have to be used.

It is not possible to secure a longlasting supply of inexpensive local resources for the region, as scheduled by regional planning, with the currently planned sites for workings outlined by official regional and area exploitation plans.

Only the safeguarding of the potential workings contained in "maps on potential sites for the surficial raw materials sand and gravel in the Regnitz valley" as areas to be reserved and given appropriate priority, would allow a supply of these resources lasting far into the next century.

2. Einleitung und Problemstellung

In einer Zeit ständig anwachsender Ansprüche an den uns zur Verfügung stehenden Naturraum bedarf es einer genauen Bestandsaufnahme des Naturraumpotentials, um sinnvolle Planungen bezüglich der Nutzung des Naturraums in die Wege leiten zu können.

Vor allem müssen die unvermehrbaren und damit unersetzbaren Rohstoffe in dieser Planung den ihnen zustehenden Platz einnehmen, denn sie werden mit zunehmender Ausbeutung immer knapper und schwieriger aufzufinden.

Zum ersten Mal hat wohl im Jahr 1974 die "ölkrise" das Rohstoffbewußtsein geweckt. Mittlerweile wurde die öffentlichkeit über die Vorratslage bei Energieträgern und bei metallischen Rohstoffen genügend informiert.

> Die Knappheit erschöpfbarer natürlicher Rohstoffe unterscheidet sich sehr wesentlich von der Knappheit herkömmlicher Konsumgüter. Letztere sind knapp, weil die zu ihrer Herstellung notwendigen Produktionsfaktoren Kapital und menschliche Arbeit nicht ohne Begrenzung verfügbar sind und anderen Verwendungen entzogen werden müssen. Das Vorkommen einer Ressource in der Erdoberfläche ist jedoch fest gegeben und durch die Produktionsfaktoren Kapital und Arbeit nicht unbegrenzt vermehrbar (VOSSEN, 1984).

Die Vorratssituation der oberflächennahen Massenrohstoffe fand erst in den letzten Jahren mehr Beachtung.

> "In rohstoffpolitischer Hinsicht herrscht vielfach die Meinung vor, man habe es mit reichlich vorhandenen, eine hohe Lebensdauer besitzenden, überall vor der Haustür des Verbrauchers herumliegenden Bodenschätzen zu tun" (LÜTTIG, 1977).

Bislang sah man die Versorgung der einheimischen Wirtschaft meist unter Importaspekten, wodurch die Sicherung metallischer Rohstoffe in den Vordergrund gerückt wurde. Versorgungsprobleme im Hinblick auf einheimische, oberflächennahe Rohstoffe wurden für die nähere Zukunft nicht erwartet. In der Tat sind aber derartige Verknappungstendenzen in einigen Bereichen der Bundesrepublik Deutschland zunehmend registrierbar. Diese gerade für die Bauwirtschaft folgenschwere Entwicklung ist nur teilweise auf den gestiegenen Bedarf an Kiessanden sondern zum überwiegenden Teil auf die Blockierung von oberflächennahen Rohstoffvorkommen durch andere Flächennutzungen bzw. -planungen zurückzuführen.

Ein Hauptgrund für die unausgewogene Behandlung von Kiessandlagerstätten ist allem Anschein nach in der mangelnden Einschätzung des Stellenwertes dieser Rohstoffe im wirtschaftlichen Gesamtbild zu sehen (VOSSEN, 1984).

Betrachtet man sich allerdings die Produktion der 30 wichtigsten mineralischen Rohstoffe der Welt, nehmen in der Mengen-Ordnung (Abb. 1) die Sande und Kiese nach den Hart- und Werksteinen die 2. Position ein.

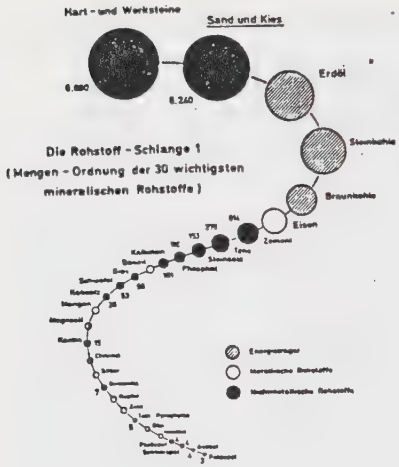


Abb. 1: Die Produktion der 30 wichtigsten mineralischen Rohstoffe der Welt in Mio t (nach LÜTTIG, 1977).

Die "Rohstoffschlange" der Abb. 2 gibt die Produktion der 30 wichtigsten mineralischen Rohstoffe der Welt in ihrer Wert-Ordnung an.

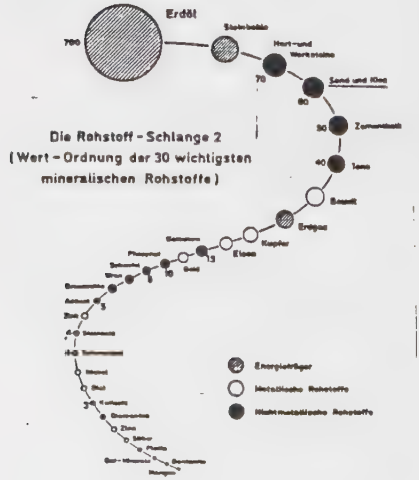


Abb. 2: Die Produktion der 30 wichtigsten mineralischen Rohstoffe der Welt in Mrd DM (nach LÜTTIG, 1977)

Vor allem Baukies und Bausand stehen unter wirtschaftlich vertretbaren Bedingungen und vor allem auch in den entsprechenden Qualitäten nicht mehr unbegrenzt zur Verfügung.

Hauptsächlich in Verdichtungsräumen werden an die Flächen eine Vielzahl konkurrierender Nutzungsansprüche gestellt, so daß ein Abbau, wenn überhaupt, so nur unter großen Auflagen möglich ist.

Der Bedarf an kiesführenden Grundstücken für die kommenden 30 Jahre beträgt nach Berechnungen des Bundesverbandes Kies, Sand, Mörtel und Transportbeton ca. 1600 km².

Es ist einerseits nicht möglich, dem Abbau von oberflächennahen Rohstoffen absolute Priorität einzuraümen, da sehr wichtige andere Nutzungen ebenfalls Berücksichtigung finden müssen, andererseits ist es aber auch nicht möglich, den Abbau von Rohstoffen zu Gunsten anderer Nutzungen soweit zu reduzieren, daß schwerwiegende Versorgungsengpässe auftreten.

Sinnvoll ist es daher, ein ausgewogenes Gleichgewicht zwischen allen Nutzungen herzustellen und eine Untersuchung dahingehend durchzuführen, welche Flächen sich für welche Nutzungsansprüche am besten eignen. Hauptaugenmerk sollte aber dabei neben der staatlich geregelten, absoluten Priorität der Wasserversorgung die besondere Stellung der Rohstoffe genießen.

> Die besondere Stellung der Rohstoffe zeichnet sich zum einem dadurch aus, daß die Rohstoffe ortsgebunden und daher nicht, wie viele andere Nutzungen, verlegbar sind, zum anderen daß sie unvermehrbar und daher unersetzbar sind.

Bei den Massenrohstoffen kommt als weiterer Planungsfaktor die Entfernung zum Verbraucher und die Anbindung der Lagerstätten an das verkehrsgeographische Netz hinzu.

Ein Massenrohstoff weitab vom Markt hat nahezu keinerlei wirtschaftliche Bedeutung (STEIN & HOFMEISTER, 1977).

Nach DORSTEWITZ (1977) ist ein Transportweg für Betonzuschlagstoffe und Straßenbaustoffe bis zu 20 km als optimal, bis zu 50 km als vertretbar und bis zu 100 km als maximal anzusehen, da dann der Marktpreis der Massenrohstoffe den 3-fachen Werkspreis entspricht. Nach STEIN & HOFMEISTER (1977) sind Sande, die nur 10-15 km transportiert werden müssen, in der Regel doppelt so teuer wie die im Verbrauchsgebiet geförderten. Die Abb. 3 gibt die Transportkosten in Abhängigkeit zur Transportentfernung wieder.

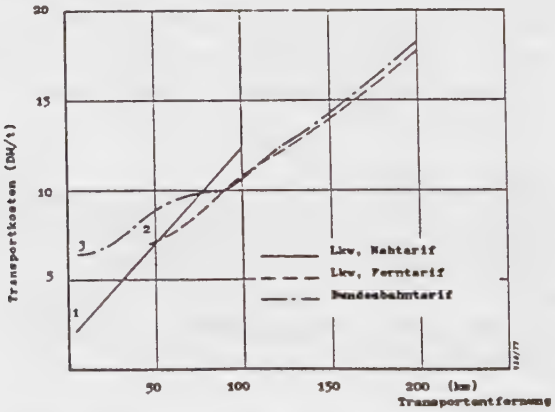


Abb. 3: Transportkosten für Massenrohstoffe in Abhängigkeit von der Transportentfernung (nach DORSTEWITZ, 1977).

3. Zielsetzung der Arbeit

Aufgabe der vorliegenden Arbeit war es, die Situation der oberflächennahen Massenrohstoffe Sand und Kies des quartären Flußsystems der Regnitz im Hinblick auf wirtschaftsgeologische und rohstoffpolitische Fragestellungen zu beleuchten.

Dazu sollte der Rahmen, die stratigraphische Gliederung, die Verbreitung der quartären Sande und Kiese des Flußsystems der Regnitz und deren Qualität, Mächtigkeit und Faziesausbildung beschrieben und in Karten dargestellt werden.

Innerhalb einer zu entwickelnden Rohstoffsicherungskonzeption sollte eine Abwägung der bestehenden Flächennutzungen bezüglich weiterer potentieller Abbaustätten für die oberflächennahen Massenrohstoffe Sand und Kies im Regnitztal durchgeführt werden.

Zu dieser Thematik ist die Zugänglichkeit weiterer Abbauflächen und deren momentane Nutzung auf Effektivität hin zu überprüfen, der Lagerstätteninhalt der so ermittelten potentiellen Abbaustätten zu bewerten und zu berechnen sowie die zu erwartende Lebensdauer aus dem Verhältnis von Reserve zu Bedarf abzuschätzen.

Diese Arbeit will dazu beitragen, daß die Flächen für die potentiellen oberflächennahen Sand- und Kieslagerstätten im Regnitztal schon im Vorfeld etwaiger weiterer Planungen wertgemäß beurteilt und gesichert werden können, so daß sie auch in der ferneren Zukunft zugänglich bleiben.

Da die vorliegenden Arbeit lediglich eine großräumige Voruntersuchung der quartären Sedimente des Regnitztales darstellt, konnte es nicht Zielsetzung sein, Detailuntersuchungen an speziellen Sand- und Kieslagerstätten zur Erreichung eines möglichst hohen Erkundungsstandes einzelner Abbaubereiche durchzuführen. Diese Aufgabe sollte im übrigen generell der Industrie überlassen bleiben.

4. Regionale Geologie und Rahmen der quartären Ablagerungen des Flußsystems der Regnitz

4.1 Arbeitsgebiet und geologischer Rahmen

Das quartäre Flußtal der Regnitz zwischen den Städten Nürnberg und Fürth im Süden und Bamberg-Strullendorf im Norden ist der Untersuchungsraum der vorliegenden Arbeit.

Dieser Bereich gehört geomorphologisch zur Süddeutschen Schichtstufenlandschaft und läßt sich in die Fränkische Keuperlandschaft im Westen und die Keuper-Lias Landschaft im Osten gliedern. Das quartäre Flußsystem der Regnitz bildet die Trennungsnaht der beiden Landschaften.

Während des Tertiärs und des Quartärs wurde das Schichtstufenland durch erosive Kräfte herausmodelliert. Die unterschiedliche Erosionsbeständigkeit der Sand- und Kalksteine einerseits und die der Tone und Tonsteine andererseits war Grundlage für die Ausbildung der Schichtstufen.

Bedingt durch ein geringes Einfallen der Schichten nach Osten bis Südosten dacht sich die Keuperlandschaft allmählich von Nordwesten nach Südosten ab. Das Flußsystem der Regnitz verläuft im Ausstrichbereich der Sandsteine und Feuerletten des Keupers, die im Unterlauf des Flusses von liasischen Gesteinen (Tone und Mergel mit Kalksteinen) abgelöst werden.

Nördlich von Forchheim bilden fast ausschließlich unterjurasische Liasgesteine die Talbegrenzungen. Schichtglieder des Keupers (Sand- und Tonsteine des mittleren und oberen Keupers) sind jedoch im gesamten Betrachtungsraum die Basis der quartären Lockergesteinsablagerungen der Regnitz.

In diesen präquartären Keuperuntergrund schnitt sich bereits während des Tertiärs die "Ur-Regnitz" ein.

4.2 Flußgeschichte und Alter der quartären Ablagerungen der Regnitz

4.2.1 Die Terrassensedimente

Die episodische Alternanz von Glazialen und Interglazialen im Pleistozän ist die Ursache für den Wechsel von Akkumulation und Erosion und der Bildung von Flußterrassen. Während kaltzeitlicher Bedingungen -- typische Glazialstrukturen in den Terrassenbildungen, wie Brodelböden, Eiskeile und Polygonnetze bezeugen dieses (POLL & SCHRöDER, 1971; SPöCKER, 1973) -- akkumulierte der in seiner Erosionskraft erlahmende Fluß seine Sedimentfracht, um sie in einer anschließenden Phase erhöhter Wasserführung und damit verbunden verstärkter Erosionskraft zumindest teilweise wieder auszuräumen. Gleichzeitig wirkten die durch den Wechsel von Glazial- und

Interglazialzeiten verursachten (glazialeustatische) Meeresspiegelschwankungen durch Veränderungen der Flußgefällskurven von der Mündung bis in den jeweiligen Flußverlauf hinein (ZEUNER, 1952; WOLDSTEDT, 1950).

Generelles Aufsteigen der deutschen Mittelgebirge seit Ende des Tertiärs und die häufig nur partiell erfolgte Erosion der bereits abgelagerten Terrassenkörper verursachte eine Einschachtelung der nacheinander abgelagerten Terrassensedimente in die jeweilig älteren Sedimentkörper im tieferen Niveau. Dadurch bilden die Terrassensedimente konzentrische Lagen aus, wobei der Fluß im Idealfall die Symmetrieachse bildet. Aufgrund junger tektonischer Bewegungen wird dieses symmetrische Bild häufig gestört.

Im Talbereich der Regnitz, zwischen den Städten Forchheim im Süden und Bamberg im Norden, sind die Flußterrassen lediglich östlich des Flusses erhalten. Die westlichen Terrassenkörper liegen nur in reduzierter Form vor oder fehlen vollständig. LANG (1970) führt die unsymmetrische Ausbildung der Terrassensedimente auf junge tektonische Bewegungen zurück. Die Regnitz verlagerte ihr Flußbett aufgrund großräumiger Schollenverkippungen entlang des Talrandabbruches immer weiter nach Westen gegen den Keupersandstein. Dabei wurden die westlich vom Fluß gelegenen Terrassenkörper ausgeräumt, die östlichen blieben unbeschadet erhalten.

Eine weitere Ursache für die unsymmetrische Ausbildung der Terrassen ist die unterschiedliche Sedimentfracht der in die Regnitz einmündenden Flüsse (LANG (1970). Danach brachten die westlichen Regnitztributäre in geologischer Zeit weniger Sedimente ins Haupttal ein als ihre östlichen Zuflüsse.

Dadurch bedingt, wurde die Regnitz immer weiter nach Westen abgedrängt.

Im Regnitztal im Bereich der Stadt Erlangen ist die genau umgekehrte Situation zu beobachten, hier sind die westlichen Terrassen vollständig vorhanden, die östlichen sind reduziert oder fehlen ganz.

Die Verlagerung des Flußbettes der Regnitz in flußgeschichtlicher Zeit ist in Rinnensystemen der Keuperoberfläche dokumentiert, welche durch eine Reihe von Bohrungen aufgeschlossen sind (vgl. BIRZER, 1957). In Bereichen solcher ehemaligen Flußrinnen erreichen die quartären fluviatilen Ablagerungen der Regnitz ihre größten Mächtigkeiten. Lokal begrenzt kommen an der Basis der Rinnenfüllungen grobe Kiese vor (POLL & WEICKEN, 1976), die eine erhöhte Transportkraft des Flusses bei ihrer Ablagerung voraussetzten.

Die quartären fluviatilen Sedimente des Flußsystems der Regnitz werden nach ihrer Höhenlage und daraus resultierent ihrem Alter im wesentlichen drei verschiedenen Terrassenkörpern zugeordnet.

Die Bennenung und Einstufung der einzelnen Terrassenkörper erfolgt bei verschiedenen Autoren unterschiedlich. KRUMBECK (1956) und HAARLÄNDER (1966) unterscheiden die Terrassenkörper nach ihrer relativen Lage zueinander, LANG (1970) nach ihrer jeweiligen Höhenlage über dem Aueniveau (Tab. 1).

KRUMBECK(1956)/HAARLÄNDER(1966)	LANG (1970)
Oberterrasse (OT)	15m-Terrasse
Hauptterrasse (HT)	10m-Terrasse
Vorterrasse (VT)	2m-Terrasse

Tab. 1: Die Bezeichnung der drei verbreitesten Terrassenkörper nach verschiedenen Autoren.

Die drei Terrassenkörper können z.T. weiter untergliedert werden. Die Oberterrasse kann in einen Unteren und in einen Oberen Stapel, die Vorterrasse in eine Untere und eine Obere Terrasse untergliedert werden.

Nach Untersuchungen von POLL (1974) in den westlichen Talterrassen der Regnitz bei Alterlangen beträgt die Höhe der Terrassen über der heutigen Flußaue ca. 18m für die Oberterrasse, ca. 10m für die nächsttiefere und jüngere Hauptterrasse sowie ca. 5m bzw. 3m für die beiden Vorterrassen.

4.2.2 Die Flußgeschichte

Die Flußgeschichte der Regnitz läßt sich in zwei Hauptphasen unterteilen. In der ersten Phase, während des Tertiärs und des ältesten Pleistozäns, entwässerte die Regnitz nach Süden zur Donau. In der zweiten Phase, die durch großräumige

Schollenverkippungen an der Wende Ältest-Pleistozän/Alt-Pleistozän im Sinne von TILLMANNS (1977) eingeleitet wurde, kam es zu den jetzigen Süd-Nord gerichteten Abflußverhältnissen.

Lydit-führende Grobschotter kennzeichnen die ehemalige Nord-Süd Entwässerung des Urmains über den Rednitz-Rezat-Talzug (TILLMANNS, 1977). Ursprungsort dieser silurischen Lydite ist der Frankenwald, und nur durch eine Nord-Süd gerichtete Hauptentwässerung des Flußsystems des Urmains während des Tertiärs und Ältestpleistozäns können die Lyditvorkommen in den fluviatilen Schottern weitab von ihrem Ursprungsort erklärt werden. Im Bereich von Erlangen bezeugen Kieselschieferfunde aus den Flußschottern der Büchenbach-Terrasse die ehemalige Südentwässerung (STÜRMER, 1971).

Weiterer Anhaltspunkt für die Nord-Süd gerichteten Abflußverhältnisse sind deutlich südwärts gerichtete Verläufe einiger Regnitz-Tributäre (z.B. die Aurach bei Erlangen und die Rauhe Ebrach bei Strullendorf, die NW-SE verlaufende Talsenke mit den Weiherketten von Röttenbach und Dechsendorf, die Anlage des Unterlaufes des Seebaches).

An der Wende Ältest-Pleistozän/Alt-Pleistozän vor 800000 Jahren kam es zu großtektonischen Bewegungen , deren Folge eine Änderung des Einfallens der Süddeutschen Großscholle von der Süd- in die Nordrichtung war. Im ursächlichen Zusammenhang damit steht die Flußumkehr der Regnitz. Der bislang donau-tributäre Fluß wurde main- und damit rhein-tributär.

Nach der Flußumkehr erfolgte während des Pleistozäns und Holozäns die Ablagerung von Ober-, Haupt- und Vorterrasse. Die folgende Tabelle (Tab. 2) gibt die zeitliche Abfolge des Geschehens im Regnitztal wieder.

	Subatlantikum	Akkumulation der UVT
	Subboreal	neuerliche Eintiefung des Flusses
H	Atlantikum Boreal Praeboreal	Erosions- und Akumulations- phasen mit Eichen- und Kiefern- Stammlagen
	Weichsel- Spätglazial	Einschneidungsphase d. Regnitz in die HT, als Relikt entsteht die OVT
JP	Weichsel-Glazial	Akkumulation der HT
	Eem- Interglazial	Ausräumung eines Teils des OT- Stapels
	Saale-Glazial	Ablagerung des OT-Stapels in 2 Phasen Saale I: OT1; Saale II: OT2
MP		
	Holstein- Interglazial	erneute Eintiefung des Flusses in den Keuperuntergrund
	Elster-Glazial	Ablagerung von gröberen Kiesen
AP		
	Cromer-Warmz.	verstärkte Tiefenerosion
ÄP	Zum Ausgang des Ältest-Pleistozäns verursachen tektonische Bewegungen eine Kippung der bislang nach S einfallenden Süddt. Großscholle nach N. Damit ist die Flußumkehr der Regnitz verbunden.	

Tab. 2: Chronologischer Ablauf der Flußgeschichte der Regnitz, während Pleistozän und Holozän (zusammengestellt nach TILLMANNS, 1977 und JERZ, 1980). (UVT=Untere Vorterrasse, OVT=Obere Vorterrasse, HT=Hauptterrasse, OT = Oberterrasse, H = Holozän, JP = Jung-, MP = Mittel-, AP = Alt-, ÄP = Ältestpleistozän).

Nach der erfolgten Flußumkehr schnitt sich die Regnitz tief in den Keuperuntergrund ein. Altersdatierungen an Sedimenten dieser Tiefenrinnen ergaben Cromer-/Elsterzeit als Ablagerungsalter (RUTTE, 1971). Die gröberklastischen Sedimente dieser Rinnen wurden offensichtlich bei noch erhöhter Transportkraft der Regnitz abgelagert. Es handelt sich wohl um die von POLL & WEICKEN (1976) beobachteten Kiese an der Basis der Terrassensedimente.

Während des Holstein-Interglazials tiefte sich die Regnitz erneut in die Keupergesteine ein, um dann in der Saale-Eiszeit den Oberterrassenkörper zu akkumulieren.

Untersuchungen von POLL & SCHRÖDER (1971) und POLL & WEICKEN (1976) ergaben die Untergliederung der Terrassensedimente der Oberterrasse in einen älteren (unteren) und einen jüngeren (oberen) Terrassenstapel. Getrennt werden die beiden Terrassenstapel von einer Erosionsdiskordanz. Im unteren Stapel wurden organogene Reste gefunden, die allenfalls für eine früheiszeitliche Ablagerung sprechen. Gleichzeitig weisen aber eindeutig kryoturbate Strukturen auf Kaltzeitbedingungen hin.

Im Eem-Interglazial wurden die vorher akkumulierten Oberterrassensedimente teilweise wieder ausgeräumt. Das Eintiefungsniveau des Holstein-Interglazials wurde aber bei dieser erneuten Eintiefung nicht erreicht (POLL, 1974).

Die anschließende Weichsel-Kaltzeit brachte die Akkumulation des Hauptterrassenkörpers, dessen Oberfläche aber das Niveau der Oberterrasse nicht erreichte.

In einem vorerst letzten Erosions-/Akkumulationszyklus, dem Subboreal und Subatlantikum des Holozäns, bilden sich die Sedimente der Unteren Vorterrasse.

Die zwischen der Unteren Vorterrasse und der Hauptterrasse liegende Obere Vorterrasse stellt lediglich eine Erosionsphase des Flusses im Verlauf der jüngeren Tundrenzeit dar, in welcher er sich in die Hauptterrasse einschnitt.

Seit der älteren Tundrenzeit (Beginn vor ca. 13 000 Jahren), unterlagen die bis dato gebildeten Flußterrassensedimente einer starken Westwindeinwirkung. Die Folge war die Ausblasung von Sanden aus den Regnitzterrassenkörpern. Die Flugsande lagerten sich dann im weiteren Verlauf an der östlichen Talbegrenzung des Regnitztales ab, z.T. als Lößüberdeckungen. Vor allem im Gebiet des Reichswaldes zwischen Nürnberg und Erlangen erreichen die Flugsandakkumulationen beträchtliche Ausmaße und Mächtigkeit. Im Talbereich der Regnitz sind sie weniger mächtig, überziehen aber als "Schleier" die Flußterrassen. In der nachfolgenden jüngeren Tundrenzeit, einer Kälteperiode, sind kryoturbate Einwirkungen auf die Flugsande feststellbar.

5. Untergliederung des Regnitztales

Um die Rohstoffsituation übersichtlich darstellen zu können, erschien es innerhalb dieser Arbeit sinnvoll, das Regnitztal zwischen Nürnberg und Bamberg-Strullendorf bereichsweise zu untergliedern.

Die einzelnen Großgliederungsbereiche sind:

- Großbereich 1: von Nürnberg-Fürth bis Erlangen
- Großbereich 2: von Erlangen bis Forchheim
- Großbereich 3: von Forchheim bis Bamberg-Strullendorf

Diese Großbereiche wurden wiederum in kleinere Flußabschnitte untergliedert.

Somit lassen sich tendenzielle Veränderungen der statistischen Quartär- und Korngrößenverteilung besser erfassen sowie die Inhalte der geplanten und potentiellen Abbaustätten nach ihren Quartäranteilen statistisch berechnen.

Als Gliederungskriterien wurden die Flächengröße und die Einmündungen von Nebenflüssen in die Regnitz herangezogen. Grundlage für die Auswahl dieser Kriterien waren eine erhöhte Überschaubarkeit durch Ausweisung kleinerer und daher übersichtlicherer Flächen sowie die Veränderung der faziellen Ausbildung der fluviatilen Sedimente durch Zufuhr von Sedimentmaterial der Nebenflüße.

Die Lage der Flußabschnitte kann aus den "Karten zur Zusammensetzung des Quartärs und zur Häufigkeitsverteilung der Sand- und Kieskorngrößen im Regnitztal" (S. 40-42) entnommen werden. Die Numerierung der Flußabschnitte von I bis XVII folgt dem Fluß der Regnitz von Nürnberg nach Bamberg.

Untergliederung des Großbereichs 1, zwischen den Städten Nürnberg-Fürth im Süden und Erlangen im Norden:

Flußabschnitt I: Von Fürth-Poppenreuth bis Stadeln, Flächengröße ca. 7.7 km², Rednitz und Pegnitz vereinigen sich zur Regnitz, Einmündung des Farrnbachs (Profil 58).

Flußabschnitt II: Von Stadeln bis zum nördlichen Ortsausgang von Vach, Flächengröße ca. 4.8 km², Einmündung der Zenn (Profile 57-54).

Flußabschnitt III: Vom nördlichen Ortsausgang von Vach bis Erlangen - Bruck, Flächengröße ca. 6.5 km², Einmündung der Gründlach (Profile 53-48).

Flußabschnitt IV: Von Erlangen-Bruck bis Erlangen-Büchenbach, Flächengröße ca. 6.4 km², Einmündung der Aurach (Profile 47-43).

Untergliederung des Großbereichs 2, zwischen den Städten Erlangen im Süden und Forchheim im Norden:

Flußabschnitt V: Von Erlangen-Büchenbach bis Erlangen-Nord, Flächengröße ca. 6.9 km², Einmündung der Schwabach (Profile 42-37).

Flußabschnitt VI: Von Erlangen-Nord bis Möhrendorf, Flächengröße ca. 6.1 km² (Profile 38-36).

Flußabschnitt VII: Von Möhrendorf bis zum südlichen Ortsausgang von Baiersdorf, Flächengröße ca. 3.9 km², Einmündung des Seebachs (Profile 35-33).

Flußabschnitt VIII: Zwischen südlichem und nördlichem Ortsausgang von Baiersdorf, Flächengröße ca. 5.1 km² (Profile 32-30).

Flußabschnitt IX: Vom nördlichen Ortsausgang von Baiersdorf bis zum Abzweig der Bahnlinie nach Höchstädt, Flächengröße ca. 7.6 km² (Profile 29-25).

Untergliederung des Großbereichs 3, zwischen den Städten Forchheim im Süden und Bamberg-Strullendorf im Norden:

Flußabschnitt X: Vom Abzweig der Bahnlinie nach Höchstädt bis Forchheim-Nord, Flächengröße ca. 5.0 km², Einmündung von Wiesent und Trubbach (Profile 24-22).

Flußabschnitt XI: Von Forchheim-Nord bis ca. 0.5 km südlich der Schleuse "Buckenhofen" am RMD-Kanal, Flächengröße ca. 2.9 km² (Profile 21-18).

Flußabschnitt XII: Von ca. 0.5 km südlich der Schleuse "Buckenhofen" am RMD-Kanal bis zur alten Schleuse am Ludwig-Donau-Main Kanal, Flächengröße ca. 3.9 km² (Profile 17-15).

Flußabschnitt XIII: Von der alten Schleuse am Ludwig-Donau-Main Kanal bis ca. 0.5 km nördlich Neuses, Flächengröße ca. 4.7 km² (Profile 14-12).

Flußabschnitt XIV: Von ca. 0.5 km nördlich Neuses bis Altendorf, Flächengröße ca. 4.2 km², Einmündung der Aisch (Profile 11-10).

Flußabschnitt XV: Von Altendorf bis zum südlichen Ortsausgang von Hirschaid, Flächengröße ca. 3.9 km² (Profile 9-7).

Flußabschnitt XVI: Vom südlichen Ortsausgang von Hirschaid bis ca. 2 km nördlich Hirschaid, Flächengröße ca. 6.6 km², Einmündung der Reichen Ebrach (Profile 6-4).

Flußabschnitt XVII: Vom Waldgebiet der "Hirschaider Büsche", ca. 2 km nördlich Hirschaid, bis Strullendorf, Flächengröße ca. 7.1 km², Einmündung der Rauhen Ebrach (Profile 3-1a).

Die bei den jeweiligen Flußabschnitten angegebenen Profillinien (Profile 1a-58), wurden senkrecht zum Flußverlauf der Regnitz gelegt. Die Profile befinden sich im Anhang dieser Arbeit (S.106-162).

6. Statistische Auswertungen zur "Sand- und Kieslagerstätte Regnitztal"

Inhalt dieses Kapitels ist die statistische Auswertung des zur Verfügung stehenden Datenmaterials bezüglich der Quartärmächtigkeit, der lithologischen Zusammensetzung des Quartärs und des Quartärvolumens der einzelnen Flußabschnitte.

Die Mächtigkeiten der Terrassensedimente des Flußsystems der Regnitz wurden mit Hilfe von Isolinienkarten der Quartärbasis, topographischen Karten und Bohrdaten sowie den daraus konstruierten Profilschnitten ermittelt. Die lithologische Zusammensetzung der quartären Flußsedimente (Boden, Ton, sandiger Ton, Sand, Kies) wurde über die zur Verfügung stehenden Bohrdaten und Interpolation statistisch gemittelt. Die Berechnungen des Quartärvolumens der einzelnen Flußabschnitte beziehen sich auf das Quartär des gesamten Talraums. Bereits bestehende anderweitige Flächennutzungen und die daraus resultierende Reduktion von Abbaufläche und damit potentieller Abbaustätte sollen in einem späteren Kapitel Beachtung finden. Die Flächen der Flußabschnitte wurden über ein computergesteuertes Digitalisierbrett berechnet.

Die Berechnungen des Quartärvolumens erfolgten gemäß der Formel:

$$Qv = F * M$$

(Qv = durchschnittliches Quartärvolumen, F = Grundfläche, M = durchschnittliche Mächtigkeit)

Neben der Zusammensetzung des Quartärs (Boden, Sand, Kies, Sandiger Ton, Ton) wurde das Verteilungsmuster der Sand- und Kieskorngrößen (Feinsand, Mittelsand, Grobsand, Feinkies, Mittelkies, Grobkies) statistisch ausgewertet und in Diagrammform auf den "Karten zur Zusammensetzung des Quartärs und zur Häufigkeitsverteilung der Sand- und Kieskorngrößen im Regnitztal" (S. 40-42) graphisch dargestellt.

Die Korngrößen der Terrassensedimente sind in der folgenden Tabelle nach DIN 4022 zusammengestellt (Tab. 3).

LOCKERGESTEINSART		KORNGRÖßE
Feinstkorn oder Ton		0.002 mm <
Schluff		0.002 bis 0.06 mm
Sand	fein	0.06 bis 0.2 mm
	mittel	0.2 bis 0.6 mm
	grob	0.6 bis 2.0 mm
Kies	fein	2.0 bis 6.3 mm
	mittel	6.3 bis 20 mm
	grob	20 bis 63 mm

Tab. 3: Die Benennung von Korngrößengruppen

Die quartären Sedimente besitzen großenteils nicht die in Tab. 3 dargestellte Klassierung in Reinfraktionen, sondern bestehen aus Korngemischen, die z.B. als sandiger Ton oder sandiger Kies anzusprechen sind.

Die Anteile an Reinfraktion liegen bei den "Mischfraktionen" jeweils zwischen minimal 70% und maximal 90%. Bei den Inhaltsberechnungen wurde mit einem mittleren Wert von 80% Gehalt an Reinfraktion gerechnet, und die so prozentual aufgeteilten "Mischfraktionen" wurden den Reinfraktionen nach ihrem statistisch ermittelten prozentuallen Anteil zugeschlagen.

Dieses Verfahren wurde ausschließlich bei den sandigen Kiesen durchgeführt, da hier eine Trennung der Fraktionen durch Absiebung leicht möglich ist. Die fraktionelle Separation der sandigen Tone ist nur mit größerem Aufwand durchführbar, und diese werden deshalb gesondert dargestellt.

Die beiden folgenden Tabellen (Tab. 4, Tab. 5) geben Auskunft über die durchschnittliche Quartärmächtigkeit in m und über das Quartärvolumen in Mio m^3 in den einzelnen Flußabschnitten. Zusätzlich wurden die Mächtigkeiten und Volumenanteile der Komponenten Boden, sandiger Ton, Ton, Sand und Kies berechnet.

Flußab-schnitt	ø.Mächtig-keit	Boden	sandiger Ton	Ton	Sand	Kies
I	7,31	0,26	0,15	0,1	5,37	1,43
II	10,92	0,38	0,68	0,47	7,61	1,78
III	9,36	0,22	0,57	0,17	8,11	0,29
IV	6,66	0,2	0,22	0,29	4,61	1,34
V	11,82	0,11	1,0	0,62	8,42	1,67
VI	10,35	0,16	0,24	0,08	9,38	0,49
VII	7,30	0,42	0,08	0,04	5,99	0,77
VIII	8,47	0,41	0,18	0,15	7,20	0,53
IX	7,40	0,38	0,04	0,26	5,87	0,85
X	8,16	0,44	0,03	0,30	3,73	3,66
XI	8,89	0,33	0,33	0,20	6,58	1,45
XII	7,11	0,54	0,84	0,16	3,60	1,97
XIII	7,75	0,38	0,46	0,37	5,57	0,97
XIV	7,86	0,35		0,40	4,85	2,26
XV	8,89	0,74	0,23	0,05	5,81	2,15
XVI	6,37	0,43	0,06	0,27	4,52	1,09
XVII	6,77	0,26	0,48	0,44	4,29	1,30

Tab. 4: Statistische Auswertung zur Mächtigkeit des Quartärs und der Komponenten Boden, sandiger Ton, Ton, Sand und Kies in m.

Flußab-schnitt	Quartär-volumen	Boden	sandiger Ton	Ton	Sand	Kies
I	56,29	2,0	1,16	0,77	41,35	11,01
II	52,42	1,82	3,26	2,26	36,53	8,55
III	60,84	1,43	3,71	1,10	52,71	1,89
IV	42,62	1,28	1,41	1,85	29,50	8,58
V	81,56	0,76	6,90	4,28	58,10	11,52
VI	63,13	0,97	1,46	0,49	57,22	2,99
VII	28,47	1,64	0,31	0,16	23,36	3,0
VIII	43,20	2,10	0,92	0,76	36,72	2,7
IX	56,24	2,89	0,30	1,98	44,61	6,46
X	40,80	2,2	0,15	1,5	18,65	18,3
XI	25,78	0,96	0,96	0,58	19,08	4,2
XII	27,73	2,11	3,28	0,62	14,04	7,68
XIII	36,42	1,79	2,16	1,74	26,18	4,55
XIV	33,01	1,47		1,68	20,37	9,49
XV	35,02	2,88	0,90	0,20	22,66	8,38
XVI	42,04	2,84	0,39	1,78	29,83	7,20
XVII	48,07	1,85	3,41	3,12	30,46	9,23

Tab. 5: Statistische Auswertung bezüglich des Volumens des Quartärs und der Volumenanteile der Komponenten Boden, sandiger Ton, Ton, Sand und Kies in Mio m^3.

6.1 Interpretation der statistischen Auswertungen

Inhalt dieses Kapitels ist die Auswertung und die Interpretation der im vorhergehenden Kapitel statistisch bearbeiteten Bohrdaten.

Nach ZANKE (1982) erhält man eine repräsentative Aussage über das Korngemisch in einem Flußabschnitt dadurch, daß über eine nicht zu kleine Fläche (einige 100 m Flußlänge) viele Proben genommen werden, aus denen dann das Mittel gebildet wird. Dies ist daher zu empfehlen, weil die meisten die Flußsohle bildenden Transportkörper an ihren Kämmen feines Material und in den Tälern grobes Material ansammeln. Eine Einzelprobe kann daher erheblich vom Mittelwert eines Untersuchungsgebietes bezüglich der Korngröße und Kornverteilung abweichen.

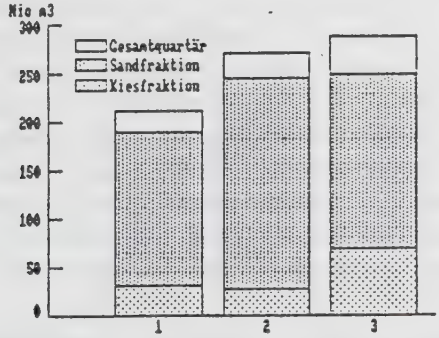
Die aus den Bohrdaten statistisch aufbereiteten und gemittelten Werte zur Verteilung des Quartärs und zur Häufigkeits- und Korngrößenverteilung der Sande und Kiese im Untersuchungsraum können im Sinne von ZANKE (1982) als repräsentativ angesehen werden. Nach persönlichen Gesprächen mit den ansässigen Grubenbesitzern bestätigen die Verteilungsverhältnisse in den Sand- und Kiesgruben diese statistischen Berechnungen. Folglich stellen die aufbereiteten Bohrdaten einen repräsentativen Querschnitt der quartären Flußsedimente der Regnitz dar.

Die Verteilung des Quartärs und der Korngrößen der Sande und Kiese im Untersuchungsraum sind den am Ende dieses Kapitels

beigelegten "Karten zur Zusammensetzung des Quartärs und zur Häufigkeitsverteilung der Sand- und Kieskorngrößen im Regnitztal" (S. 40-42) zu entnehmen.

Wie diese Karten zeigen, sind die Sandfraktionen gegenüber den Kiesfraktionen vorherrschend. Im ausgewerteten Bereich, d.h. zwischen den Städten Nürnberg und Bamberg, liegt das durchschnittliche Verhältnis von Sand : Kies in den Terrassenkörpern der Regnitz bei ca. 5 : 1. Die Mittelsandfraktion, d.h. der Körnungsbereich zwischen 0.2 und 0.6 mm, ist in allen betrachteten Flußabschnitten prozentual sehr stark vertreten und kann durchaus als "Standardkörnung" der fluviatilen Regnitzsedimente bezeichnet werden.

Die Tab. 6 zeigt die anteiligen Gehalte von Sand und Kies am Quartärvolumen, die Tab. 7 ihre zahlenmäßige Verteilung.



Tab. 6: Anteile der nutzbaren Sande und Kiese am Quartärvolumen in den betrachteten Großbereichen (1 = zwischen Nürnberg-Fürth und Erlangen, 2 = zwischen Erlangen und Forchheim, 3 = zwischen Forchheim und Bamberg-Strullendorf).

Großbereiche	1	2	3
Gesamtvolumen	212	272	289
Sand	160	220	181
Kies	30	27	69
Verhältnis	5:1	8:1	3:1

Tab. 7: Der Anteil von Sand und Kies am Quartärvolumen in Mio m^3.

Dieses disparate Sand/Kies-Verhältnis ändert sich jeweils an den Einmündungsbereichen der Regnitztributäre zugunsten der Kiesfraktionen. Durch die Sedimentfracht der einmündenden Tributäre wird die tendenzielle Korngrößenverkleinerung im Flußverlauf unterbrochen (REINECK & SINGH, 1973).

Die Größe des einmündenden Flusses, sein energetischer Zustand und die lithologische Zusammensetzung seines Einzugsbereiches haben einen entscheidenden Einfluß auf die Menge, die Klassierung und die Lithologie der eingebrachten Sedimente. Kleinere Nebenflüsse machen sich im Aushalten ihres sedimentologischen Einflusses nach der Einmündung in den Hauptfluß weit weniger bemerkbar als große Flüsse. Nach REINECK & SINGH (1973) ist die Korngröße klastischer fluviatiler Sedimente ein Maß für die Energie des sedimentierenten Mediums. Die regionale Verteilung der lithologischen Einheiten im vom einmündenden Fluß durchflossenen Gebiet spiegelt sich in dem eingebrachten Sedimentmaterial wieder.

Der sedimentologische Einfluß der Nebenflüsse auf ihren Vorfluter nimmt mit zunehmender Entfernung ihrer Einmündung ab. Die eingebrachten Grobkomponenten setzen sich sehr bald ab, während die Feinfraktionen noch weiter transportiert werden

können. Mit stetig abnehmendem Einfluß des Tributärs kommen die charakteristischen Kornklassierung des Hauptflusses wieder zum Tragen. Im Fall der Regnitz ist dies zum überwiegenden Anteil die Mittel- bis Grobsandfraktion.

Münden mehrere Nebenflüsse hintereinander in den Vorfluter ein, kommt es zu überlagerungen des eingebrachten Sedimentmaterials.

Durch die Bindung der Aufgliederung des Regnitztales an Flußmündungsbereiche (Kap. 5) kann der sedimentologische Einfluß der Nebenflüsse auf die Regnitz gut dargestellt werden. Die Veränderung der Korngrößenverteilungen mit Hilfe von Diagrammen, wie sie aus den oben erwähnten Karten entnommen werden können, wird deutlich.

Im Folgenden seien die Häufigkeitsverteilungshistogramme dieser Karten in Kürze erläutert:

Am Zusammenfluß von Rednitz und Pegnitz im Flußabschnitt I sind überwiegend gröbere Kornklassierungen (Grobsande/Feinkiese) in den Terrassensedimenten der Regnitz vertreten. Im weiteren Flußverlauf verliert sich der Einfluß der Pegnitz. Die westlich einmündende Zenn (Flußabschnitt II) bringt erneut gröberes Sediment in den Vorfluter ein.

Im Flußabschnitt III verringert sich der Anteil der Grobfraktion weiterhin. Der Einfluß der Gründlach auf die Sedimentfracht des Hauptflusses ist nur gering. Tendenziell ist eine Verschiebung des Sand/Kies-Verhältnisses zu feineren, regnitztypischen Klassierungen zu erkennen.

Die ebenfalls von der westlich gelegenen Keuperlandschaft zufließende Aurach (Flußabschitt IV) erhöht wieder den Anteil der gröberen Komponenten. Feinkiese werden wieder abgelagert.

Die von Osten einmündende Schwabach (Flußabschnitt V) macht sich mit einer erhöhten Ablagerung von Mittel- und Grobkiesen bemerkbar. Die regnitztypische Sandkomponente wird jedoch nicht von den Grobsedimenten überlagert. Im weiteren Flußverlauf werden die typischen Sedimente der Regnitz nicht wesentlich durch die Sedimentfracht einfließender Tributäre gestört, so daß die Mittel- bis Grobsande die "Standardkorngröße" der Terrassenkörper bilden. Die Kiesfraktionen sind nur untergeordnet vorhanden.

Durch die von Osten zufließende Wiesent (Flußabschnitt X) ändern sich kurzzeitig sowohl Klassierung als auch Lithologie der Terrassensedimente. Die im wesentlichen aus jurassischen Kalken aufgebaute zentrale "Fränkische Schweiz" wird vorzugsweise von der Wiesent, die bei Forchheim in die Regnitz mündet, entwässert. Die Sedimentfracht der Wiesent setzt sich daher hauptsächlich aus karbonatischen Schottern zusammen, während flußoberhalb von den Regnitztributären ausschließlich silikatisches Material der westlich gelegenen Keupersandsteine eingebracht wurde. Das Sand/Kies-Verhältnis im Bereich der Wiesentmündung verschiebt sich sehr stark auf die Seite der Kiese. Das Verhältnis liegt in diesem Flußabschnitt bei 1 : 1 gegenüber einem Durchschnittswert von 5 : 1 im Untersuchungsgebiet. Daraus ist zu schließen, daß die Wiesent in pleistozäner Zeit ein hochenergetischer Fluß gewesen sein muß, der in der Lage war, derartige Mengen an Grobmaterial in die Regnitz einzubringen.

Im weiteren Verlauf nimmt der Anteil der Grobkiese stetig ab (von 36%-Anteil im Abschnitt X auf 2%-Anteil im Abschnitt XIII), das Korngrößenspektrum verschiebt sich zu den feineren Fraktionen hin, die regnitztypische Mittel- bis Grobsandfraktion gewinnt wieder am Sedimentanteil.

Die Aisch verschiebt nach ihrer Mündung (Flußabschnitt XIV) das Verhältnis erneut zu den Grobfraktionen hin. Die Grobkiesfraktion erreicht 11% der nutzbaren Sande und Kiese. Im weiteren Verlauf verringert sich der Kiesanteil zugunsten der Mittelsandfraktion.

Durch die Einmündungen von Reicher Ebrach (Flußabschnitt XVI) und Rauher Ebrach (Flußabschnitt XVII) wird wieder grobes Sedimentmaterial in die Regnitz geschüttet.

6.2 Denkmodell zu den Grobklastika an Flußmündungsbereichen

Ein anderes, vom Verfasser entwickeltes Denkmodell, das die, auf die Flußmündungsbereiche lokalisierte Erhöhung der Grobfraktionen erklärt, sei im Folgendem vorgestellt.

Das Energiepotential eines Flusses und damit seine Schleppkraft ist abhängig von Gefälle und Wasserführung. Wie bereits im Kap. 4 erwähnt, führt die unterschiedliche Wasserführung eines Flusses in geologischen Zeiträumen zur Akkumulation und Erosion von Terrassenkörpern.

Dieses Modell geht davon aus, daß die an den Flußmündungsbereichen auftretenden Grobklastika nicht nur von den Regnitztributären eingebracht werden. Die Flußenergien von Haupt- und Nebenfluß addieren sich an den Mündungsbereichen und erhöhen dadurch die Erosionskraft des fliessenden Wassers an diesen Stellen.

Durch die somit erhöhte Transportkraft ist es möglich, aus der Flußsohle gelockerte oder in den Fluß eingerutschte Gesteinsbruchstücke zu transportieren, zu zerkleinern und zuzurunden.

Nach BRINKMANN (1975) verlieren bewegte Gesteinsbrocken durch Absplitterung sehr schnell ihre Kanten und Ecken und werden zu plattigen oder elliptischen Flußgeröllen geformt.

Bei Sandsteinen und Kalken, wie sie im Einzugsbereich des Flußsystems der Regnitz (Keupersandsteine und jurasische Kalke) verbreitet auftreten, genügen dafür bereits Transportentfernungen von wenigen Kilometern (ca. 1 - 5 km). Die weitere Zerkleinerung der Gerölle vollzieht sich vorzugsweise durch Abrieb der Oberfläche und geht mit fallendem Gewicht der Komponenten immer langsamer vonstatten. Sandstein- und Kalkgerölle werden nach 10 - 50 km Transport auf das halbe Volumen verkleinert (BRINKMANN, 1975).

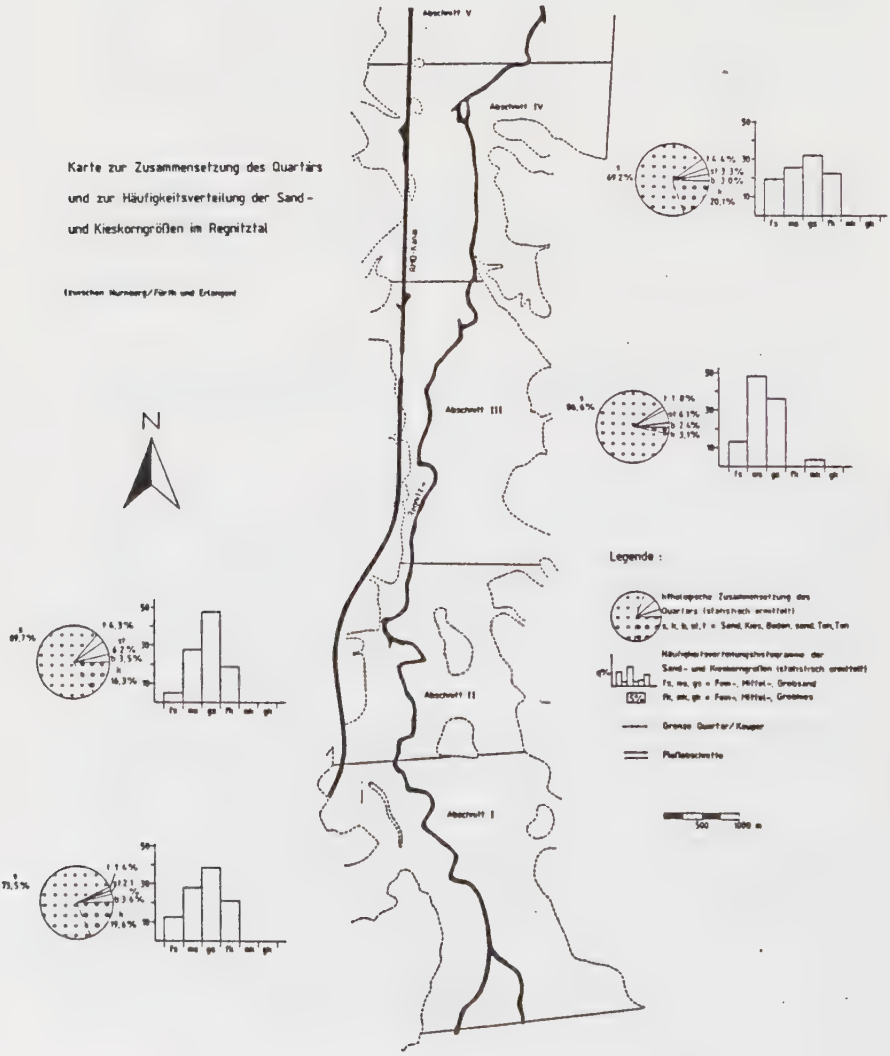
Diese modellhafte Vorstellung bedürfte aber im Einzelfall einer genaueren Untersuchung, die außerhalb der Themenstellung der vorliegenden Arbeit steht.

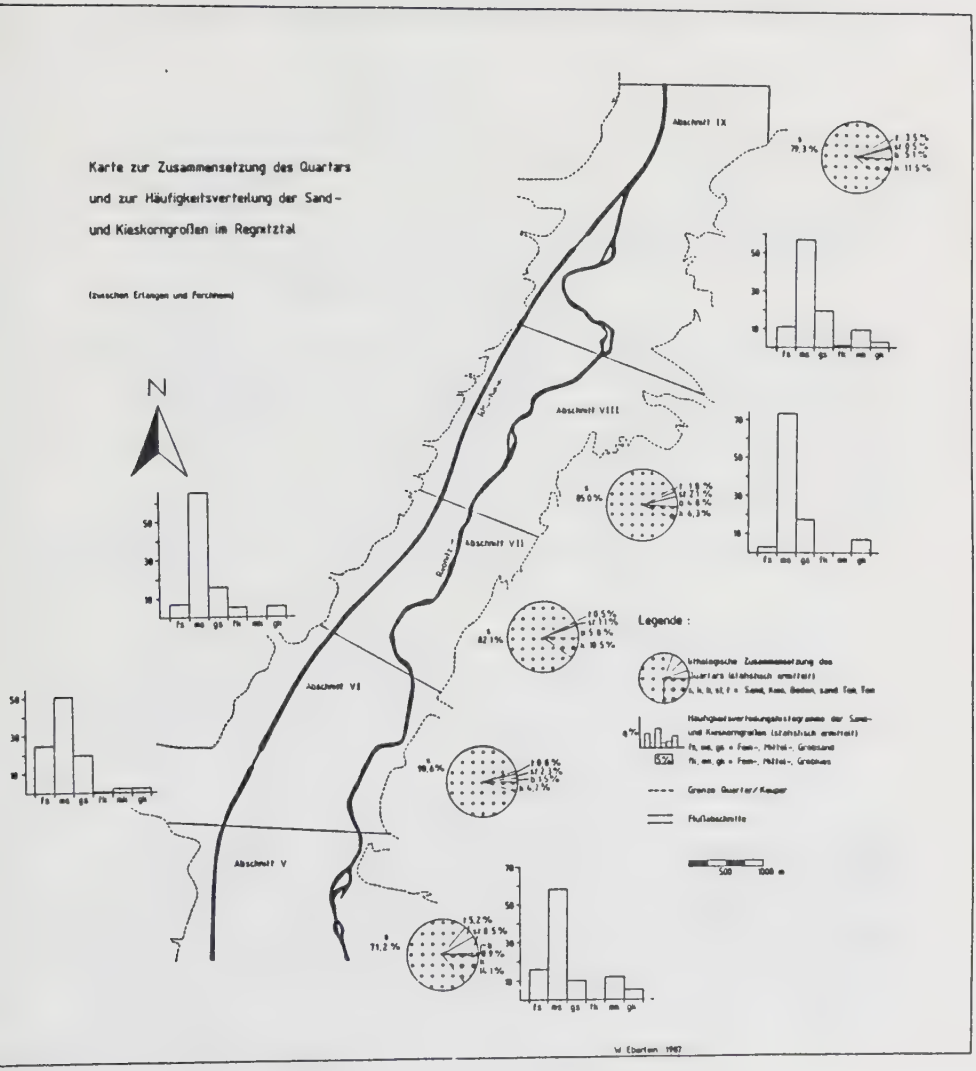
> Seite 40, Abb. 4: Karte zur Zusammensetzung des Quartärs und zur Häufigkeitsverteilung der Sand- und Kieskorngrößen im Regnitztal zwischen Nürnberg-Fürth und Erlangen.

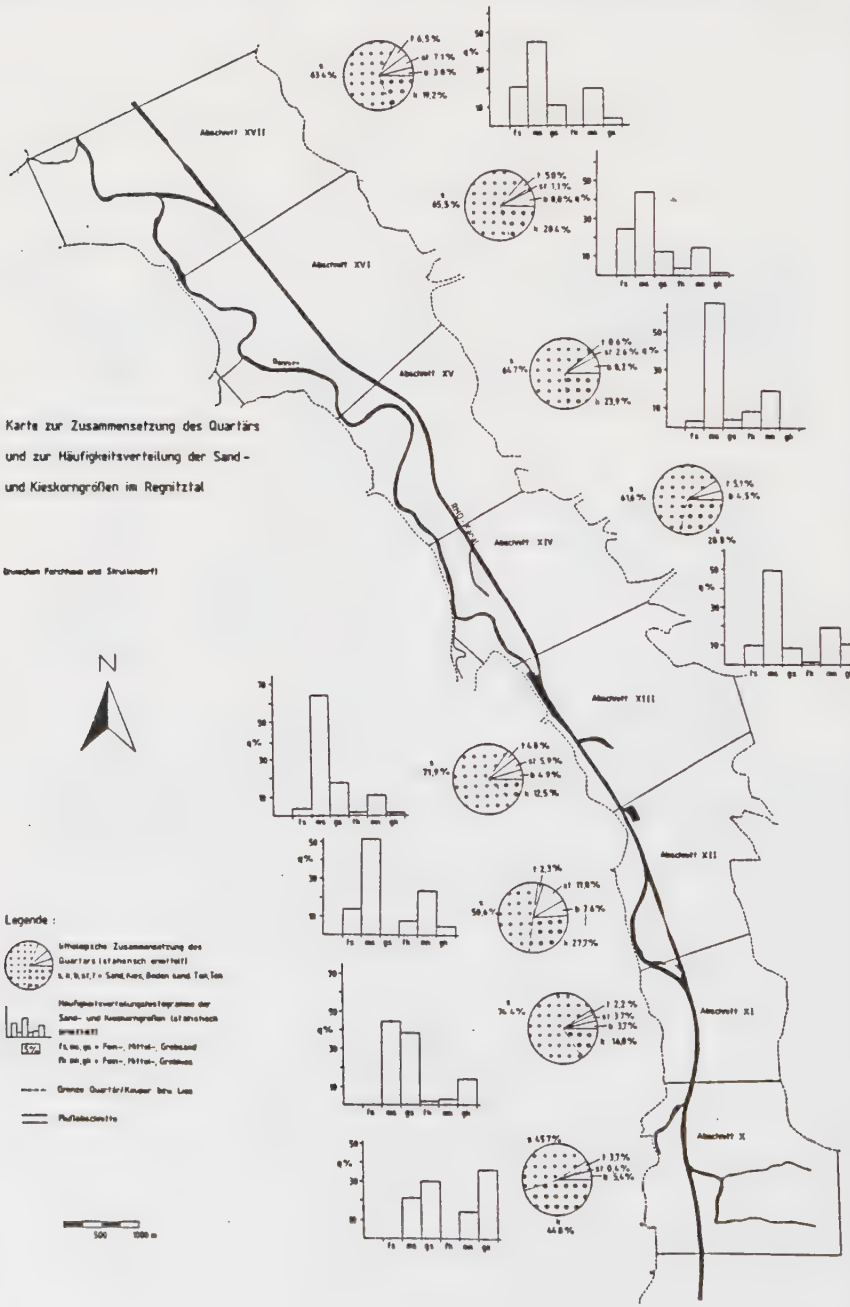
>> Seite 41, Abb. 5: Karte zur Zusammensetzung des Quartärs und zur Häufigkeitsverteilung der Sand- und Kieskorngrößen im Regnitztal zwischen Erlangen und Forchheim.

>>> Seite 42, Abb. 6: Karte zur Zusammensetzung des Quartärs und zur Häufigkeitsverteilung der Sand- und Kieskorngrößen im Regnitztal zwischen Forchheim und Strullendorf.

Karte zur Zusammensetzung des Quartärs und zur Häufigkeitsverteilung der Sand- und Kieskorngrößen im Regnitztal




Karte zur Zusammensetzung des Quartärs
und zur Häufigkeitsverteilung der Sand-
und Kieskorngrößen im Regnitztal
(zwischen Erlangen und Forchheim)
N
Abschnitt IX
Abschnitt VIII
Abschnitt VII
Abschnitt VI
Abschnitt V
Legende :
Grenze Quartär/Keuper
Flußabschnitte
500
1000 m
W. Eberlein 1987



Karte zur Zusammensetzung des Quartärs und zur Häufigkeitsverteilung der Sand- und Kieskorngrößen im Regnitztal

Bruchsal Forchheim und Strullendorf)

7. Flächennutzung und Interessenskonflikte im Regnitztal

Im Bereich des Regnitztales zwischen Nürnberg und Bamberg, d.h. im Bereich der Industrieregion Mittelfranken sowie der Hauptzentren Forchheim und Bamberg in der Planungsregion Oberfranken-West, werden unterschiedlichste Nutzungsansprüche an den Naturraum gestellt.

Die intensive Beanspruchung des Naturraums äußert sich häufig in Form von Nutzungskonflikten, die durch eine Vielzahl von Ansprüchen auf die begrenzt vorhandenen Flächen ausgelöst werden. Eine ordnende Planung der Flächennutzungen, wie sie in den Regionalplänen der Regierungen und den Flächennutzungsplänen der Gemeinden vorgestellt ist, soll Nutzungskonflikte vermeiden bzw. einschränken helfen.

7.1 Flächennutzungen

Im Folgenden seien die unterschiedlichen Nutzungsansprüche an den Naturraum aufgeführt und die Zielsetzungen der Regionalplanung dargestellt (die Zielsetzungen sind den Regionalplänen "Industrieregion Mittelfranken", Entwurf Mai 1983, und "Planungsregion Oberfranken West", Entwurf 1983, entnommen):

- Flächen für Siedlungswesen:

Dieser Bereich umfaßt den Flächenbedarf für das Wohnungswesen und das gewerbliche Siedlungswesen.

Ziele der Regionalplanung:

- Konzentration der Siedlungstätigkeit auf geeignete Siedlungseinheiten
- Bereitstellung von Bauland in zentralen Orten
- ausreichende Ausdehnungsmöglichkeiten für das gewerbliche Siedlungswesen entlang der Entwicklungsachsen
- Verhinderung bandartiger Siedlungsstrukturen

-Flächen für die Land- und Forstwirtschaft:

Ziele der Regionalplanung:

- Erhaltung einer funktionsfähigen Landwirtschaft
- Förderung einer ökonomisch sinnvollen und ökologisch vertretbaren Landwirtschaft
- Verbesserung der wirtschaftlichen Grundlagen bäuerlicher Betriebe
- Sicherung der Grünlandnutzung
- Erhaltung und Wiederherstellung gesunder Wälder
- Vermeidung von Rodungen und Zerschneidungen geschlossener Waldgebiete durch Infrastruktureinrichtungen

- Flächen für den Landschafts- und Naturschutz:

Ziele der Regionalplanung:

- Erhaltung der natürlichen Umwelt
- Verbesserung der ökologischen Ausgleichsfunktion in ländlichen Teilräumen
- Bewahrung der Erholungseignung naturnaher Bereiche
- Sicherung von Biotopen
- Erhaltung der landschaftlichen Vielfalt
- Erhaltung typischer Landschaftsstrukturen
- Schutz siedlungsfreier Talräume, Flüsse, Bäche und stadtnaher Wälder

- Flächen für die Wasserwirtschaft:

Ziele der Regionalplanung:

- Einwandfreie und zukunftssichere Versorgung mit Wasser
- Sicherung der Trinkwasserversorgung aus noch nutzbaren Trinkwasservorkommen
- Weiterer Ausbau leistungsfähiger Verbundeinrichtungen

- Flächen für Verkehr und Energieversorgung:

Ziele der Regionalplanung:

- Gewährleistung einer guten flächenhaften Erschließung der Region

- Bereitstellung von Flächen für Energieversorgungsanlagen und Leitungstrassen
- Bündelung der Infrastruktureinrichtungen

- Flächen für die Gewinnung, Sicherung und Erkundung von Bodenschätzen

Ziele der Regionalplanung:

- Erkundung, Sicherung und bedarfsorientierte Erschließung der Bodenschätze der Region für eine langfristige regionale und überregionale Rohstoffversorgung
- Ausweisung von Vorbehalts- und Vorrangflächen

7.2 Interessenskonflikte

Die im vorstehenden Kapitel aufgeführten Nutzungen sind eng miteinander verknüpft, so daß Nutzungsprioritäten aufgrund der Begrenztheit des zur Verfügung stehenden Raumes kaum bzw. nur sehr begrenzt eingeräumt werden können. Als Folge davon ist es notwendig und zweckmäßig, die Nutzung bzw. Verteilung der zur Verfügung stehenden Flächen so zu planen, daß eine größtmögliche Effizienz in ihrer Nutzung erreicht werden kann, zumal da die Zielsetzungen in den Regionalplänen relativ hohe Ansprüche an den Raum stellen.

Einige der unterschiedlichen Ansprüche an den Naturraum können nebeneinander auf den gleichen Flächen berücksichtigt werden. Nutzungskonflikte treten in diesem Falle weitestgehend in den Hintergrund; die Planung und Koordination der Nutzung dieser Flächen erweist sich als unproblematisch. Andere, intensiv flächenbeanspruchende Nutzungen, wie z.B. die Gewinnung oberflächennaher Rohstoffe, schließen, zumindest über einen gewissen Zeitraum, andere Nutzungen aus. Daraus erwachsen Konfliktsituationen, deren befriedigende Lösung häufig nicht leicht erreicht werden kann.

Bei der Abwägung der effizienten Verteilung der Flächen bleibt allerdings zu beachten, daß manche Nutzungen standortgebunden sind und daher nicht verlegt werden können. Beispielhaft stehen hierfür Bereiche, die oberflächennahe Rohstoffe beinhalten.

> Unter "oberflächennahen mineralischen Rohstoffen" werden alle sicherungswürdigen Rohstoffe verstanden, deren Abbau übertage und unter Inanspruchnahme der Erdoberfläche erfolgt (W. LORENZ, 1985).

Vor allem die für den Abbau von oberflächennahen Rohstoffen benötigten Flächen stehen im scharfen Kontrast zu anderen Nutzungsansprüchen. Um einen wirtschaftlichen Abbau gewährleisten zu können, sollten möglichst große Areale freigehalten werden. Erst nach dem vollständigen Abbau der Rohstoffe können diese Bereiche wieder anderen Nutzungen zugeführt werden, etwa der Erholungsfunktion, dem Biotopschutz, Landschafts- und Naturschutz, Land- und Forstwirtschaft.

Die folgende Abbildung (Abb. 7) zeigt die Rohstoffgewinnung in Konkurrenz zu anderen Nutzungsansprüchen.

Abb. 7: Rohstoffgewinnung in Konkurrenz mit anderen Nutzungsansprüchen (aus W. LORENZ, 1985).

Viele potentielle Abbaustätten für oberflächennahe Rohstoffe sind durch andere Nutzungen bereits "plombiert" und einer Nutzung durch Abgrabungen entzogen. Die Versorgung mit Trink- und Brauchwasser aus den Quartärsedimenten (1. Grundwasserstockwerk) genießt Priorität vor allen anderen Nutzungen. Gerade die Bereiche der Grundwassergewinnung aus dem 1. Grundwasserstockwerk würden mit ihren großen Quartärmächtigkeiten gute bis sehr gute Sand- und Kieslagerstätten abgeben.

Ebenso unzugänglich für die Rohstoffgewinnung sind besiedelte Flächen und infrastrukturell genutzte Bereiche.

7.3 Die Flächennutzungen im Regnitztal im Einzelnen

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit den unterschiedlichen Flächennutzungen im Regnitztal und der Flächeninanspruchnahme dieser Nutzungen. Die Bestimmung der Nutzungen und ihres Flächenbedarfs erfolgte auf der Grundlage der Flächennutzungspläne der Anliegergemeinden des Regnitztales.

Die Flächennutzungspläne der folgenden Städte und Gemeinden wurden diesbezüglich in tabellarischer Form bearbeitet und in den "Karten der Flächennutzungen im Regnitztal" (S. 54-56) im einheitlichen Maßstab dargestellt und diesem Kapitel angegliedert:

Flächennutzungsplan der Stadt Fürth
Flächennutzungsplan der Stadt Erlangen
Flächennutzungspläne der Gemeinden Möhrendorf und Bubenreuth
Flächennutzungsplan der Gemeinde Baiersdorf
Flächennutzungsplan der Stadt Forchheim
Flächennutzungsplan der Gemeinde Hallerndorf
Flächennutzungsplan der Gemeinde Eggolsheim
Flächennutzungsplan der Gemeinde Altendorf
Flächennutzungsplan der Gemeinde Hirschaid
Flächennutzungsplan der Gemeinde Strullendorf

Die Auswertung der Karten erfolgte mit einem computergesteuerten Digitalisierbrett, gemäß der abschnittsweisen Unterteilung des Regnitztales in Flußabschnitte.

Häufig weichen die Summen der Einzelflächen von der Gesamtfläche ab. Grund für die Abweichung ist die oftmalige Nutzung ein und derselben Fläche durch mehrere Interessen. So sind z.B. Flächen, die für die Gewinnung von Trink- und Brauchwasser ausgehalten sind zusätzlich durch land- und forstwirtschaftliche Nutzungen überbelegt.

In der Tab. 8 sind die unterschiedlichen Nutzungen der Flächen im Regnitztal bezüglich ihres Flächenbedarfs aufgeführt.

Flußab-schnitt	Flächen-größe	Siedlungs-wesen	Land- und Forstwirts.	Sand/Kies Abbau	Wasserwirt-schaft	Wasser-flächen	Natur-schutz
I	7,7	4,25	3,04			0,3	
II	4,8	1,75	2,74		0,8	0,2	
III	6,5	2,1	3,46		0,9	0,2	2,1
IV	6,4	4,2	2,0			0,2	2,0
V	6,9	2,8	2,81		1,1	0,23	2,13
VI	6,1	0,98	4,89		3,5	0,23	0,9
VII	3,9	0,97	2,54		0,16	0,2	0,03
VIII	5,1	1,7	3,05		0,2	0,25	
IX	7,6	0,43	6,95	0,12		0,2	
X	5,0	3,69	0,47		0,2	0,06	1,05
XI	2,9	1,57	1,22			0,06	
XII	3,9	1,5	1,84	0,5		0,05	0,13
XIII	4,7	2,29	2,15	0,46	0,06	0,03	
XIV	4,2	0,27	2,8	0,77	0,6	0,3	
XV	3,9	1,31	1,3	0,67	0,3	0,4	
XVI	6,6	4,09	2,55		1,4	0,2	
XVII	7,1	1,68	4,58	0,62	1,0	0,2	

Tab. 8: Die Flächennutzungen im Regnitztal in km²

Die Abb. 8 gibt die prozentuale Verteilung der Flächennutzungen wieder.

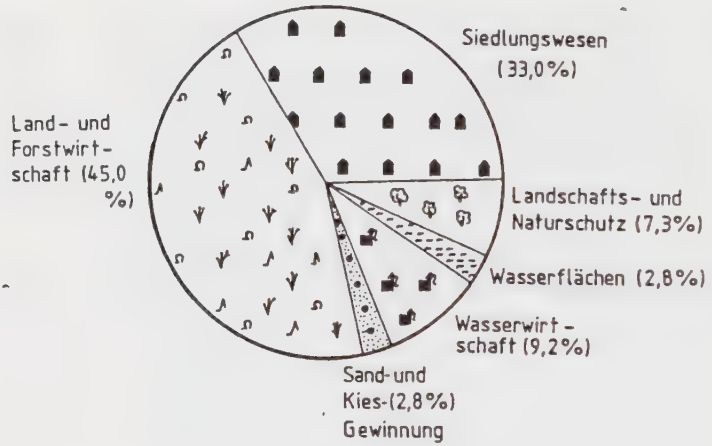


Abb. 8: Die prozentuale Verteilung der Flächennutzungen im Regnitztal

Wie aus Abb. 8 zu ersehen ist, ist der Flächenanteil für den Abbau von Sand und Kiese minimal. Den größten Anteil beanspruchen Land- und Forstwirtschaft sowie alle Belange des Siedlungswesens, inklusive Verkehr und Energieversorgung.

Damit der Regionalplanung, die unter anderem auch eine Sicherstellung der langfristigen Versorgung mit einheimischen Rohstoffen fordert, Rechnung getragen werden kann, ist es

unablässig, die momentane Flächenverteilung auf ihre Effizienz hin zu untersuchen.

Es ist allerdings sinnvoll, diese Untersuchung auf die Flächen zu beschränken, deren Zugänglichkeit nicht durch Bebauungen und wasserwirtschaftliche Einzugsbereiche von vornherein beschränkt ist und deren Flächenausdehnung nicht parzellenhaft sondern möglichst großflächig ist. Primär kommen also dafür länd- und forstwirtschaftliche Bereiche in Frage.

> Seite 54, Abb. 9: Karte der Flächennutzungen im Regniztal zwischen Nürnberg/Fürth und Erlangen

>> Seite 55, Abb. 10: Karte der Flächennutzungen im Regniztal zwischen Erlangen und Forchheim.

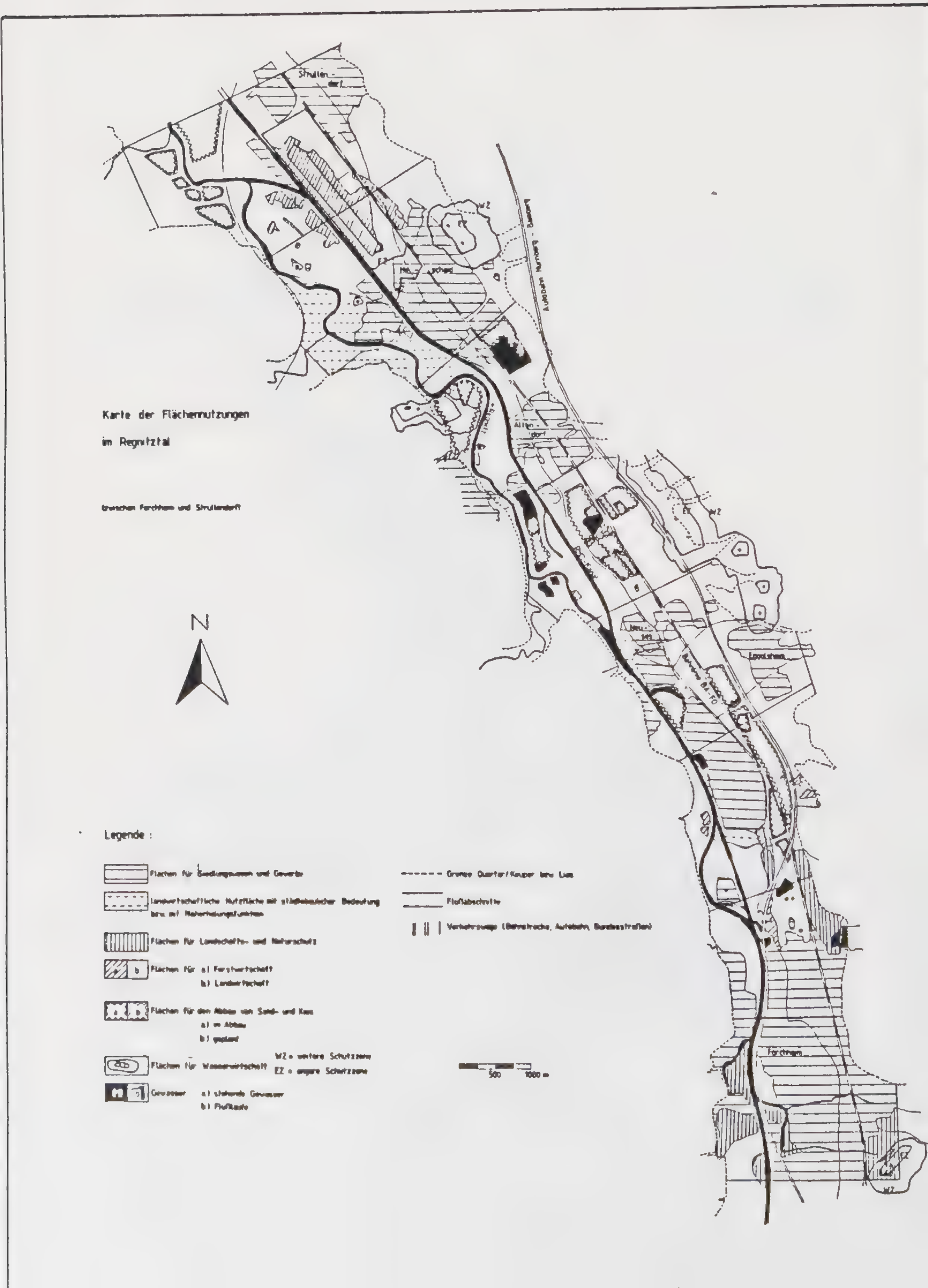
>>> Seite 56, Abb. 11: Karte der Flächennutzungen im Regniztal zwischen Forchheim und Strullendorf

Karte der Flächennutzungen
im Regnitztal

(zwischen Nürnberg/Fürth und Erlangen)

W. Eberlein 1987

Karte der Flächennutzungen
im Regnitztal
N
Legende :
500
1000 m
Alt-Erlangen
Erlangen


Karte der Flächennutzungen
im Regnitztal
N
Legende :
WZ = weitere Schutzzone
EZ = engere Schutzzone
500
1000 m
Forchheim

8. Die Böden im Untersuchungsgebiet

In diesem Kapitel soll ein kurzer Überblick über die im Regnitztal verbreiteten Bodenarten gegeben werden. Bemessungsgrundlagen für die folgenden Ausführungen sind die Bodenkundliche Übersichtskarte von Bayern (Maßstab 1 : 500 000) sowie die Bodenschätzungskarten der Regionen Nürnberg und Bamberg im Maßstab 1 : 100 000.

Mittels dieser soll eine Klassifikation der Böden im Untersuchungsgebiet bezüglich ihrer Güte und ihrer Fruchtbarkeit, d.h. ihres Wertes für die Land- und Forstwirtschaft, erstellt werden.

Zielsetzung ist es, relativ ertragreiche Böden ausschließlich der landwirtschaftlichen Nutzung zur Verfügung zu stellen, mittelmäßige bis schlechte Böden sollen jedoch aus der landwirtschaftlichen Nutzung -- zumindest zeitweise -- entlassen werden, um sie zweckentsprechenderen Nutzungen zuzuführen.

Nach der Bodenkundlichen Übersichtskarte von Bayern treten im Untersuchungsgebiet folgende Böden auf:

1. Böden mit guter nachschaffender Kraft, ohne kohlensauren Kalk im Oberboden. Bodentyp sind vorwiegend Braunerden hoher Basensättigung. Ausgangsgestein dieser Böden sind Ton-, Sand- und Kalksteine des mittleren und oberen Keupers sowie des Lias. Hauptverbreitungsgebiet sind die östlichen Talbegrenzungen der Regnitz zwischen Erlangen

und Bamberg sowie inselartige Vorkommen westlich der Regnitz zwischen Forchheim und Bamberg.

2. Böden mit meist mittlerer nachschaffender Kraft, schwach sauer oder zur Versauerung neigend. Bodentyp sind Braunerden mittlerer bis geringer Basensättigung, die z.T. podsolig oder gleyartig sind. Ausgangsgesteine dieser Böden sind die tonigen Keupersandsteine zwischen Erlangen und Nürnberg beiderseits der Regnitz.

3. Böden mit sehr geringem bis geringem natürlichen Basen- und Nährstoffvorat und mit geringer nachschaffender Kraft. Sande und lehmige Sande sind vorherrschend. Die Böden sind versauert und vorwiegend podsoliert bzw. gleyartig. Ausgangsgesteine dieser Böden sind fein bis mittelkörnige äolische und fluviatile Klastika. Die Flußterrassen der Regnitz sind der Untergrund dieser Böden und sie nehmen daher den größten Raum im Untersuchungsgebiet ein.

4. Mineralische Grundwasserböden, bei tieferem Grundwasser Auböden, bei höherem Grundwasser Gleyböden, teilweise anmoorig. Ausgangsgesteine dieser Böden sind die jungen und jüngsten Talablagerungen der Regnitz. Diese Böden sind auf die Talaue der Regnitz beschränkt und sie nehmen mit den Böden in 3. den meisten Raum ein.

8.1 Die Böden im Einzelnen

Die in 1. und 2. dargestellten Böden finden keine weitere Beachtung, da sie als Ausgangsgesteine Keuper- und Liasgesteine besitzen. Von Interesse sind nur die Böden auf pleistozänen und holozänen Talablagerungen. Die folgenden Ausführungen entstammen den Erläuterungen zur Bodenkundlichen Übersichtskarte von Bayern 1 : 500 000 (VOGEL, F., 1961).

Die unter 3. beschriebenen Böden sind überwiegend aus Flug- und Terrassensanden hervorgegangen. Hauptbodenart sind grob- bis mittelkörnige, teilweise auch mittel- bis feinkörnige Sande. Die Dünen- und Terrassensande haben zur Bildung recht armer, loser Sandböden geführt. Durch einen geringen Anteil an feinstkörnigem Material können die Sandböden etwas besser mit Primärsilikaten und deren tonigen Verwitterungsprodukten versorgt sein, dann sind sie als anlehmige Sandböden ausgebildet.

Diese Böden neigen meist stark zur Podsolierung; extreme Podsole sind nur selten zu finden, mäßige und schwache Podsole stellen den Hauptanteil. In Mulden und Dellen der Terrassen kommen fast regelmäßig Gley-Podsole oder Podsol-Gleye mit Auflagen feuchter Moderformen vor.

Auf den Podsolböden stocken überwiegend Kiefernwälder, die seit dem ausgehenden Mittelalter an die Stelle der natürlichen Mischwälder getreten sind. Mit der Beseitigung des Laubholzanteils verschwand die zunächst artenreiche Bodenbewachsung zu Gunsten von Besenheide, Beerensträuchern, Moosen und Flechten. Dadurch konnte ein stark saurer Rohhumusmoder entstehen, der durch die Abgabe von Humolignin-, Fulvo- und anderen organischen Säuren die Podsolierung energisch vorantrieb. Aus forstwirtschaftlicher Sicht soll in Zukunft (mit enormem Aufwand) wieder ein Mischwald entstehen, der der Podsolierung vorbeugen und bereits bestehende auflösen helfen soll.

Aus landwirtschaftlicher Sicht bereiten die Podsolböden ebenfalls erhebliche Schwierigkeiten. Vorwiegend werden diese Böden als Ackerland genutzt. Allerdings sind die mehr

oder weniger stark podsolierten Sandböden von Natur aus weithin nur roggen- und kartoffelfähig, bei einem höheren Gehalt an aus Primärsilikaten hervorgegangenen tonigen Verwitterungsprodukten und genügender Feuchtigkeit auch haferfähig. Um diese basen- und nährstoffarmen Böden mit größerem Erfolgen zu bewirtschaften, sind langwierige sowie arbeits- und kostenintensive Maßnahmen notwendig, z.B. die Zusetzung lehmigem oder tonig-lehmigem Bodenmaterials in größeren Mengen.

Die Nutzung der Böden als Grünland ist gleichfalls problematisch, da dieses in trockenen Jahren auch in Tallagen, Mulden und Senken zur Austrocknung kommen kann.

Die unter 4. vorgestellten Böden entstehen im allgemeinen aus Lockersedimenten unter Einwirkung von Grundwasser, hauptsächlich in Talbereichen. Die Sedimentation kann in den Flußtälern durch überschwemmung noch andauern, die neuen Absatzprodukte bewirken jedoch keine Vermehrung der älteren Sedimente sondern eine Unterbrechung der Bodenentwicklung.

Im Tal der Regnitz standen die Böden früher unter dem Einfluß höheren Grundwassers und waren damals vorwiegend als typischer Gley, seltener als Brauner Auenboden entwickelt. Durch Grundwasserabsenkungen kam es zu einer Wandlung. Die Gleye entwickelten sich zu Gley-Braunerde, der Braune Auenboden in Richtung Braunerde.

Die Böden der Talauen stehen überwiegend in Grünlandnutzung. Durch Entwässerungen konnten sich Süßgrasbestände entwikkeln, gelegentlich trifft man auch auf Sauergräser.

Zusammenfassend kann zu den Böden im Untersuchungsgebiet gesagt werden, daß die Sandböden der Flußterrassen landwirtschaftlich nur mit wenig Erfolg genutzt werden können. Eine vernünftige landwirtschaftliche Nutzung könnte nur durch arbeits- und kostenintensive Maßnahmen erreicht werden.

Die Grünlandgrundzahlen der tonigen Talböden hingegen sind zumeist zu den Stufen gut bis sehr gut zu rechnen, diese Bodenstandorte sollten daher für die Grünlandnutzung erhalten und ausgehalten werden.

Die als Ackerland genutzten Terrassenböden sollten zumindest teilweise eine anderweitige Nutzung erfahren. Innerhalb der Folgenutzung sollte darauf geachtet werden, daß landwirtschaftlich sinnvoll nutzbare und ertragreichere Böden entstehen.

Die im nächsten Kapitel entwickelte Rohstoffsicherungskonzeption wird die besondere Problematik der land- und forstwirtschaftlichen Nutzung als "Aufhänger" benutzen.

9. Entwicklung einer Rohstoffsicherungskonzeption für die oberflächennahen Rohstoffe Sand und Kies im Regnitztal

Die Entwicklung einer Rohstoffsicherungskonzeption für die oberflächennahen Rohstoffe Sand und Kies im Regnitztal zwischen Nürnberg und Bamberg ist, betrachtet man sich die Lebensdauer dieser Lagerstätten, dringend geboten.

Aus den bereits geplanten und in den Flächennutzungsplänen vorgesehenen Abbaustätten für die Rohstoffe Sand und Kies ergeben sich, nach Schätzungen des Verfassers (Kap. 10), Reserven von ca. 17 Mio t Sand und Kies. Die Lebensdauer dieser Reserven wird auf ca. 15 Jahre geschätzt.

Die Zielsetzung der Regionalplanung, eine langfristige regionale und -- soweit möglich -- überregionale Rohstoffversorgung zu erschließen, ist ohne ein schlüssiges Rohstoffsicherungskonzept nicht zu erreichen. Darin müssen vor allem weitere potentielle Abbaustätten zur Verlängerung der Versorgung mit Rohstoffen vorgesehen werden.

Im Folgenden ist ein Konzept für die Sicherung der oberflächennahen Rohstoffe Sand und Kies im Regnitztal vorgestellt.

Die Grundidee dieses Konzeptvorschlags beruht auf dem Versuch einer optimalen Verteilung der Nutzungsansprüche auf die zur Verfügung stehenden Flächen.

Ein Großteil der Flächen im Regnitztal, wie aus dem Kapitel "Flächennutzungen und Interessenskonflikte im Regnitztal"

hervorgeht, ist bereits "plombiert" und der Nutzung durch Abgrabungen entzogen. Für ein wirklichkeitsnahes und durchführbares Rohstoffsicherungskonzept kommen daher nur noch solche Flächen in Betracht, die

a) frei von Bebauungen jeder Art sind,

b) nicht den Verordnungen des Landschafts- und Naturschutzes unterliegen,

c) vom geologischen Standpunkt aus große Quartärmächtigkeiten erkennen lassen,

d) juristisch genehmigungsfähig sind,

e) den Zielen der Regionalplanung entsprechen und

f) momentan keine optimale Nutzung aufweisen.

Die Flächen, die diese Forderungen weitestgehend erfüllen liegen ausschließlich im Bereich der landwirtschaftlichen Nutzung. Wie dem Kapitel "Die Böden im Regnitztal" (Kap. 8) zu entnehmen ist, handelt es sich bei den als Acker- und Grünland genutzten Böden hauptsächlich um Aue- und Podsolböden. Diese Böden sind zumeist sehr nährstoffarm und wenig ertragreich. Anderen Nutzungen ist daher Vorrang einzuräumen (aus: Regionalplan, Planungsregion Oberfranken West, Entwurf 1983, S. 155).

Nach der Karte der Quartärmächtigkeit weist jedoch nur ein Teil der landwirtschaftlich genutzten Flächen große Mächtigkeiten an Quartärsedimenten auf. Sinnvoll ist es daher, nur solche Flächen in das Sicherungskonzept aufzunehmen und als Vorbehalts- bzw. Vorrangflächen auszuweisen, deren Quartärmächtigkeiten möglichst groß sind. Im vorliegenden Konzept wurden nur die Flächen berücksichtigt, deren Quartärmächtigkeit größer als 8m ist.

Für das Regnitztal würde sich durch dieses Rohstoffsicherungskonzept, das einen Teil der landwirtschaftlich genutzten Flächen als potentielle Abbaustätten für Sande und Kiese vorsieht, die Situation an Rohstoffreserven wesentlich verbessern (siehe Kap. 10).

Zur Vermeidung einer langfristigen, ausschließlich durch Abgrabungen gekennzeichneten, einseitigen Flächennutzung sollten die geplanten und potentiellen Abbaustätten nur in den erforderlichen Zeitabständen einen vollständigen Abbau zugeführt werden. Nach Abbauende sind die Abgrabungsflächen umgehend wieder zu verfüllen.

Durch einen so gesteuerten Abbau-Auffüllungsmechanismus, der einen "schnellen" Wechsel der Nutzungen ermöglichen würde, bestünde die Möglichkeit, die Abgrabungsflächen bis zum Abbaubeginn und nach Abbauende wieder landwirtschaftlich zu nutzen. Dadurch wäre zum einen ein vollständiger Abbau zu erzielen, die Zeiträume für den Abbau blieben überschaubar, d.h. die einseitige Flächennutzung und damit der Ausfall landwirtschaftlicher Nutzfläche könnte relativ kurz gehalten werden, zum anderen könnte damit auch eine funktionsfähige Landwirtschaft erhalten bleiben.

Bei der Wiederauffüllung der Abgrabungsflächen ist darauf zu achten, daß die Qualität der ertragsgeringen Aue- und Podsolböden durch entsprechendes Füllgut verbessert wird.

Vor allem die unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht absetzbaren Fein- und Feinstkörnungen könnten dazu aufgrund ihres bodenverbessernden Tonmineralgehaltes und der durch ihre Korngröße begünstigten guten Durchlüftbarkeit als Deckschichten verwendet werden.

Die Vorteile des vorgestellten Rohstoffsicherungskonzeptes:

- Langfristige Sicherstellung der Versorgung mit heimischen und daher kostengünstigen Massenrohstoffen durch Erhöhung des Rohstoffpotentials,

- Verbesserung der Qualität der ertragsgeringen Aue- und Podsolböden durch Einbringen bodenverbessernder Stoffe in die Deckschicht bei der Verfüllung der Abgrabungsbereiche und damit eine Erhöhung des Bodenertrags,

- vollständiger Abbau der Rohstoffreserven und damit ebenfalls eine Erhöhung der Lebensdauer,

- nur kurzzeitige Eingriffe in das Landschaftsbild durch schnelle Rekultivierungsmaßnahmen,

- Erhaltung einer funktionsfähigen Landwirtschaft.

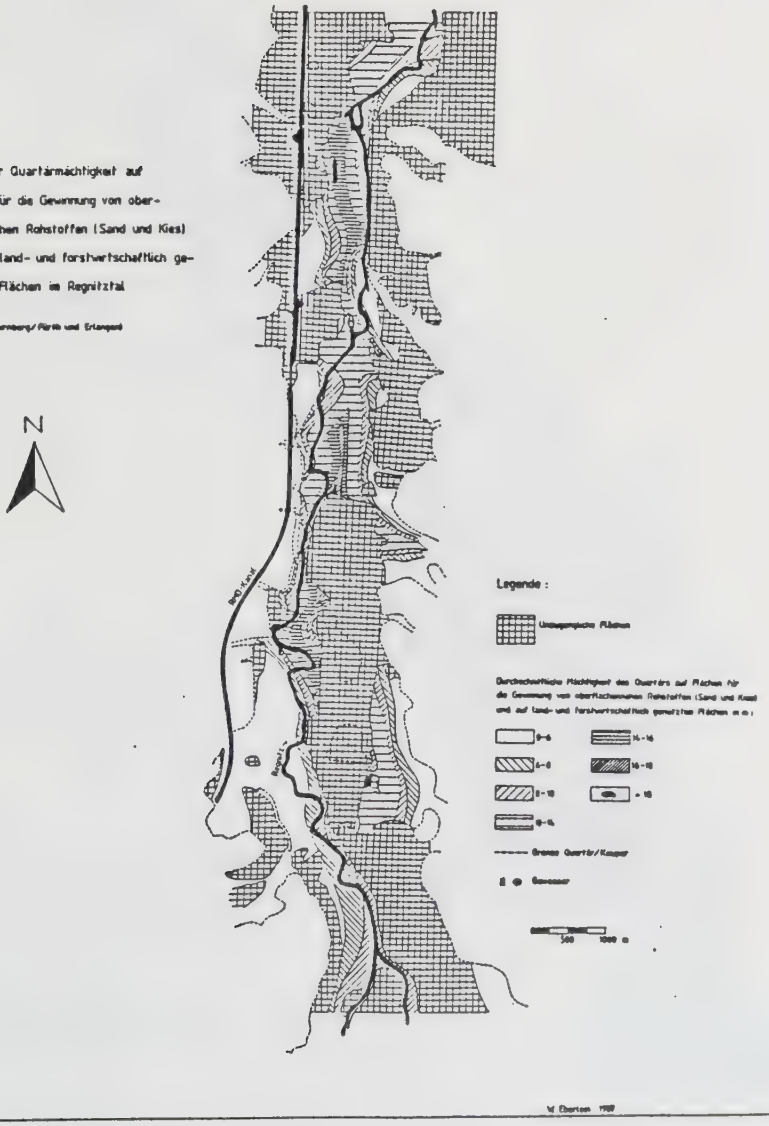
> Seite 67, Abb. 12: Karte der Quartärmächtigkeit auf Flächen für die Gewinnung von oberflächennahen Rohstoffen (Sand und Kies) und auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen im Regnitztal zwischen Nürnberg/Fürth und Erlangen.

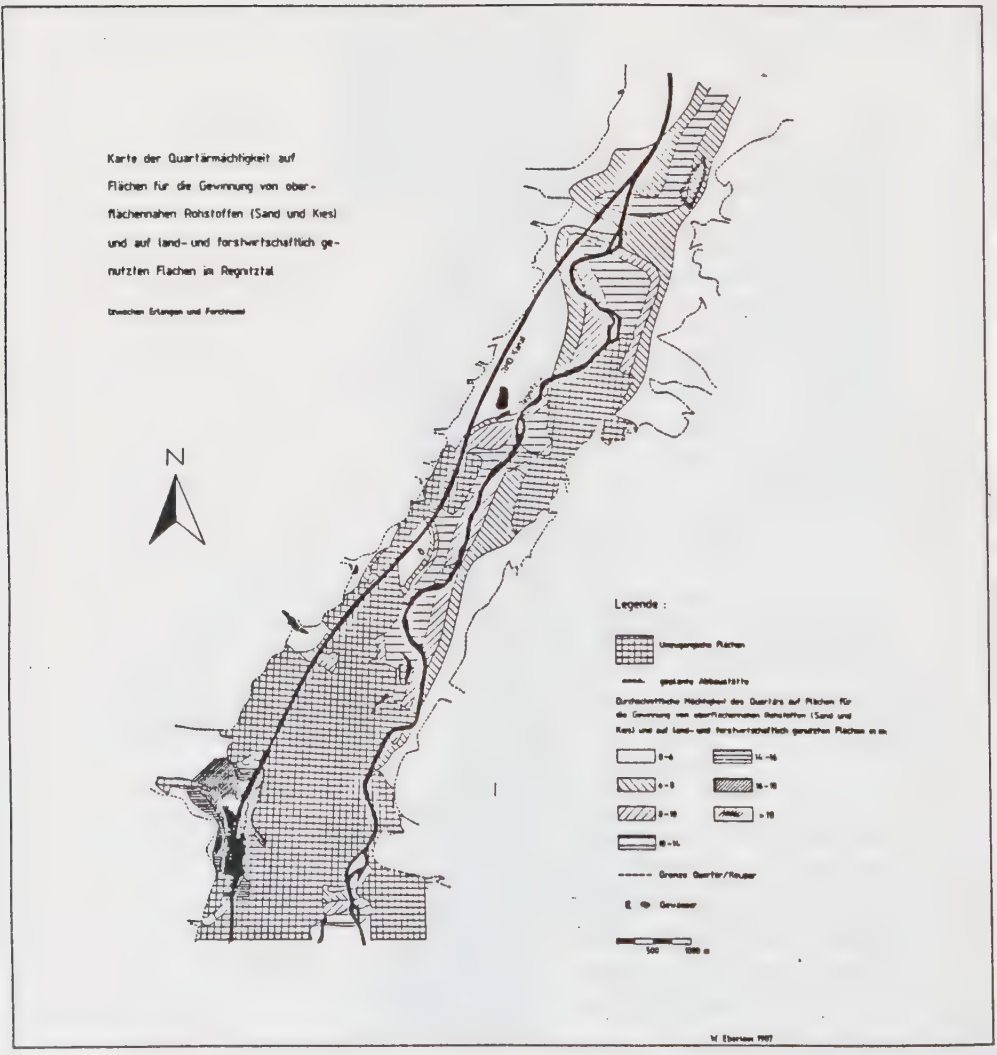
>> Seite 68, Abb. 13: Karte der Quartärmächtigkeit auf Flächen für die Gewinnung von oberflächennahen Rohstoffen (Sand und Kies) und auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen im Regnitztal zwischen Erlangen und Forchheim.

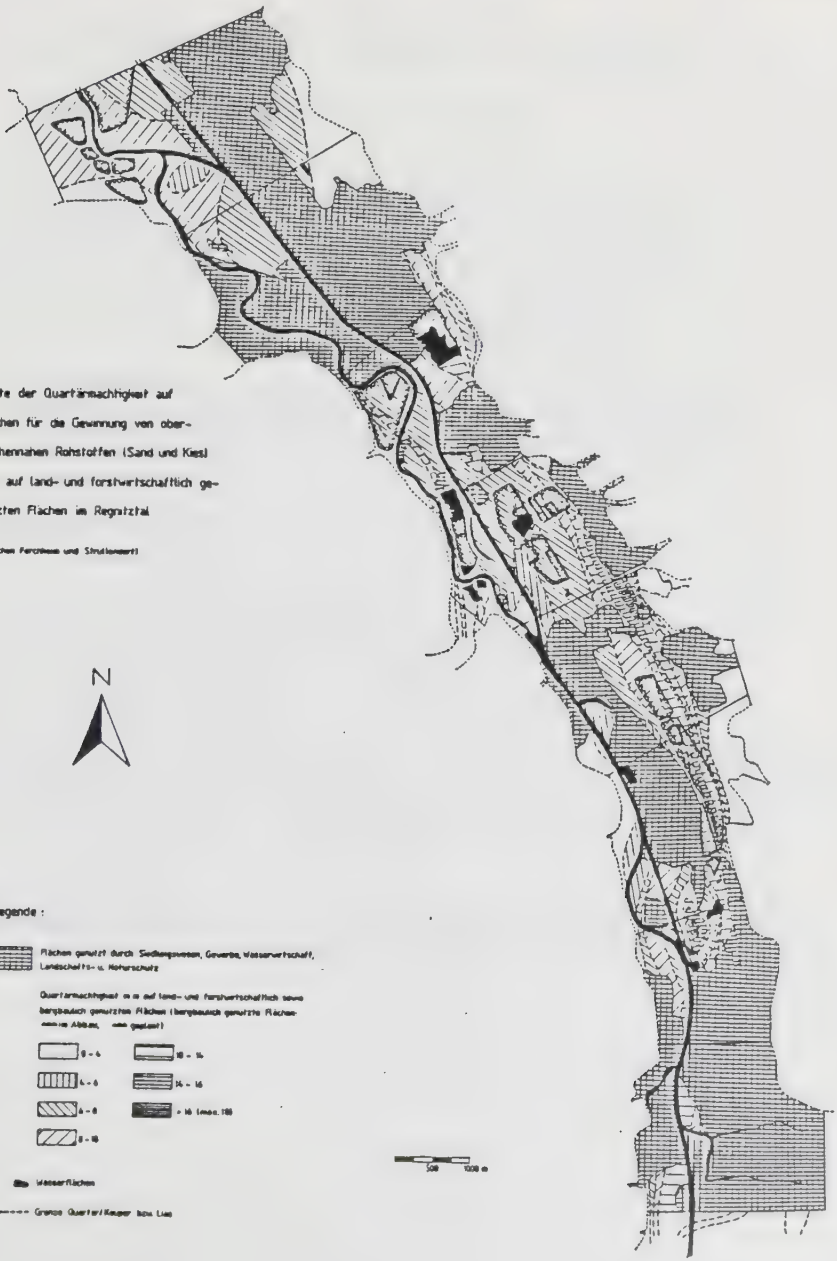
>>> Seite 69, Abb. 14: Karte der Quartärmächtigkeit auf Flächen für die Gewinnung von oberflächennahen Rohstoffen (Sand und Kies) und auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen im Regnitztal zwischen Forchheim und Strullendorf.

Karte der Quartärmächtigkeit auf Flächen für die Gewinnung von oberflächennahen Rohstoffen (Sand und Kies) und auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen im Regnitztal

(zwischen Nürnberg/Fürth und Erlangen)




Karte der Quartärmächtigkeit auf
Flächen für die Gewinnung von ober-
flächennahen Rohstoffen (Sand und Kies)
und auf land- und forstwirtschaftlich ge-
nutzten Flächen im Regnitztal
zwischen Erlangen und Forchheim
N
Legende :
Untersuchte Flächen
geplante Abbaustätte
Durchschnittliche Mächtigkeit des Quartärs auf Flächen für
die Gewinnung von oberflächennahen Rohstoffen (Sand und
Kies) und auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen in m
0 - 4
4 - 8
8 - 12
12 - 16
16 - 18
> 18
Grenze Quartär/Keuper
Gewässer
500
1000 m
W. Eberstein 1987


Karte der Quartärmächtigkeit auf
Flächen für die Gewinnung von ober-
flächennahen Rohstoffen (Sand und Kies)
und auf land- und forstwirtschaftlich ge-
nutzten Flächen im Regnitztal
(zwischen Forchheim und Strullendorf)
N
Legende :
Flächen genutzt durch Siedlungswesen, Gewerbe, Wasserwirtschaft,
Landschafts- u. Naturschutz
Quartärmächtigkeit in m auf land- und forstwirtschaftlich sowie
bergbaulich genutzten Flächen (bergbaulich genutzte Flächen
nach Abbau, neu gestaltet)
0 - 4
4 - 6
6 - 8
8 - 10
10 - 12
12 - 14
14 - 16
> 16 (max. 19)
Wasserflächen
Grenze Quartär/Keuper bzw. Lias
500
1000 m

10. Die Lebensdauer der Sand- und Kieslagerstätten im Regnitztal

Für die Ermittlung der Lebensdauer der Lagerstätten im Untersuchungsraum ist eine detaillierte Bestandsaufnahme der zu erwartenden Rohstoffreserven zur Kenntnis der Vorräte und eine Abschätzung des heutigen und zukünftigen Bedarfs vorzunehmen (STEIN, 1985).

> Zur Abschätzung der Vorratsmenge und zur Übersicht des Erkundungsstandes der Vorräte müssen die Reserven — nur nachgewiesene und bauwürdige Vorräte dürfen als Reserven bezeichnet werden — klassifiziert werden.

Die Klassifikation der Vorräte erfolgte gemäß dem Vorschlag für ein Klassifikationsschema der Vorräte der Steine und Erden-Lagerstätten von HOFMEISTER & STEIN (1977) (Tab. 9/10). Dieser Vorschlag impliziert neben rein bergwirtschaftlichen Überlegungen auch Abwägungsprozesse gegenüber anderen Anrechten an den Naturraum. Nicht nur die technisch-geologische, sondern auch die juristische Komponente, d.h. die "Genehmigungsaussichten" für einen Vorrat, sind zu einem wesentlichen Bewertungsmerkmal für die Lagerstätten der Steine und Erden geworden (HOFMEISTER & STEIN, 1977).

Das Klassifikationsschema differenziert 3 Vorratsgruppen, die ihrerseits in 5 Vorratsklassen aufgesplittet sind (Tab. 9).

Technisch-wirtschaftliche und juristische Randbedingungen		
Vorratsgruppe I (bauwürdig)	Vorratsgruppe II (bedingt bauwürdig)	Vorratsgruppe III (nicht bauwürdig)
Lagerstättenkundliche Kriterien		
Vorratsklasse A	Vorratsklasse A	Vorratsklasse A
Vorratsklasse B	Vorratsklasse B	Vorratsklasse B
Vorratsklasse C1	Vorratsklasse C1	Vorratsklasse C1
Vorratsklasse C2	Vorratsklasse C2	Vorratsklasse C2
---------- V o r r a t s k l a s s e D ----------		

Tab. 9: Gliederung der Lagerstättenvorräte in Vorratsgruppen und Vorratsklassen (STEIN & HOFMEISTER, 1977).

Die Vorratsgruppen beinhalten die technisch-wirtschaftlichen und juristischen Komponenten, d.h. die Einstufung der Vorräte nach ihrer derzeitigen Wirtschaftlichkeit und Genehmigungsfähigkeit.

Die Vorratsklassen beinhalten alle lagerstättenkundlichen Kriterien zur Einordnung der Vorräte (Tab. 10).

Klasse	Untersuchungsstand der Vorräte	Qualitäten, Verarbeitungstechnologien	Andere wichtige Abbaubedingungen	Extrapolationen	Zulässige Toleranzen der Vorratsangaben
A	vollständig untersucht, Konturen vollständig bekannt	vollständig bekannt, industrielle Erfahrungen liegen vor	vollständig bekannt	bis zum halben Erkundungsabstand erlaubt	± 10 % bei 90 % Aussagesicherheit
B	hinreichend untersucht, Konturen lückenhaft bekannt	bis auf Einzelheiten ihrer Verteilung festgestellt, Weiterverarbeitungsschema bekannt	im allgemeinen geklärt	bis zum halben Erkundungsabstand erlaubt	± 20 % bei 90 % Aussagesicherheit
C1	weiträumig untersucht, Aufschlüsse in weitem Abstand oder gesicherte geophysikalische Indikationen	auf Grund von Analysen ordnungsgemäß entnommener Proben bekannt	in großen Zügen bekannt	bis zum vollen Erkundungsabstand erlaubt	± 30 % bei 80 % Aussagesicherheit
C2	durch Einzelaufschlüsse untersucht oder Vorhandensein nach geol. Position und nach geophysikalischen oder geochemischen Indikationen anzunehmen	durch Untersuchung einzelner Proben bekannt. Technologische Eigenschaften können auf Grund von Analogien abgeschätzt bzw. theoretisch begründet werden	können auf Grund von Analogien angenommen bzw. theoretisch begründet werden	bis zum vollen Erkundungsabstand erlaubt	± 30 % bei 50 % Aussagesicherheit
D	Der Vorrat kann aus Kenntnis der geologischen, lagerstättenkundlichen und technologischen Möglichkeiten und Analogien abgeleitet werden.				

Die Einordnung der Vorräte in eine der Klassen ist von der Erfüllung aller für sie geforderten Bedingungen abhängig. Bei Nichterfüllung einer einzigen Bedingung müssen die Vorräte der entsprechend niedrigeren Klasse zugeordnet werden.

Anmerkungen:
1. Bei der Beurteilung der Verarbeitungs- und Abbautechnologien sind die Umweltschutzvorschriften (z. B. Bundesimmissionsschutzgesetz, Bodenabbaugesetz, Naturschutzrecht, Bau- u. Planungsrecht) zu berücksichtigen.
2. Toleranzen der Vorratsangaben: Maximale Abweichung der statistischen Vertrauensgrenzen vom arithmetischen Mittel bei angegebener Aussagesicherheit.

Tab. 10: Definition der Vorratsklassen (lagerstättenkundliche Kriterien) nach HOFMEISTER & STEIN (1977).

Die im Regnitztal geplanten und potentiellen Abbaustätten oberflächennaher Rohstoffe (wie sie in den entsprechenden Karten eingetragen sind) sind hinreichend durch Bohrdaten, Quartärbasis- und Quartärmächtigkeitskarten untersucht. Der erreichte Untersuchungsstand und die Lage der Abbaustätten im Fortstreichen bestehender Abbaue ermöglicht es, die betrachteten Abbaustätten in die Vorratsklasse B einzuordnen.

Der vorgestellten Rohstoffsicherungskonzeption folgend (Kap. 9), schieden bereits alle Flächen, die voraussichtlich nicht genehmigungsfähig sind, für potentielle weitere Abbaue aus.

Die verbleibenden, momentan land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen sind, unter Voraussetzung der im Kapitel 9 aufgestellten Konditionen, vermutlich genehmigungsfähig, so daß eine Einstufung der potentiellen Abbaustätten in die Vorratsgruppe I möglich erscheint.

Die Inhaltsberechnungen für die geplanten und potentiellen Abbaue stützen sich auf die Spezialkarte "Quartärmächtigkeit" (S. 164-166) und die Themenkarten "Karten zur Zusammensetzung des Quartärs und zur Häufigkeitsverteilung der Sand- und Kieskorngrößen" (S. 40-42) und auf die "Karten der bestehenden, geplanten und potentiellen Abbaustätten für die oberflächennahen Rohstoffe Sand und Kies" (S. 77-79).

Bei der Umrechnung von Kubikmeter in Tonne wurde der Faktor 1.65 gewählt. Nach V. STEIN (1985) sollte der Umrechnungsfaktor praxisnah, etwa 1.5 bis 1.8 für Sande, gewählt werden. Dieser Faktor berücksichtigt bereits die gängigen Verunreinigungen in den Lagerstätten.

Diese Werte müssen hinsichtlich ihrer Einstufung in die Vorratsklasse B bezüglich ihrer Aussagesicherheit korrigiert werden. Die mittlere Sicherheit bei Vorratsklasse B liegt bei 80%.

Die ermittelten Reserven sind nun noch um die üblichen Abbauverluste zu korrigieren, so daß bei einem niedrig angesetzten Verlust von ca. 15% die Reserven nochmalig verringert werden.

Die statistisch ermittelten und korrigierten Reserven zeigt die Tab. 11.

Lagerstätten	geplant Sand/Kies	potentiell Sand/Kies
Reserven (unkorrigiert in Mio m³)	11.32/4.03	107.8/21.42
Umrechnung in Mio t (Faktor 1.65)	18.68/6.65	177.9/35.34
Vorratsklasse B (Sicherheit 80%)	14.94/5.32	140.3/28.27
Abbauverluste (ca. 15%)	12.7/4.52	119.3/24.03

Tab. 11: Ermittelte und korrigierte Reserven an Sand und Kies aus geplanten und potentiellen Abbaustätten.

Aus Befragungen der ansässigen Grubenbesitzer konnte eine jährliche Abbaumenge von Sanden und Kiesen im Bereich Forchheim-Strullendorf -- nur in diesem Bereich wird derzeit abgebaut -- von durchschnittlich 1.2 Mio t ermittelt werden. Diese Abbaumenge war in den letzten Jahren ziemlich konstant, so daß bei einer statistischen Bedarfsprognose (STEIN, 1985) für Sande und Kiese aus dem Regnitztal auch der zukünftige Bedarf als in etwa gleich groß angenommen werden kann.

Aus den errechneten und korrigierten Reserven und der jährlichen Abbaumenge läßt sich die Lebensdauer der Lagerstätten bestimmen.

Für die in den Flächennutzungsplänen ausgehaltenen geplanten Abbaustätten ergibt sich eine durchschnittliche Lebensdauer

von ca. eineinhalb bis zwei Jahrzehnten. Für die potentiellen weiteren Abbauareale errechnet sich eine Lebensdauer von weit mehr als einhundert Jahren.

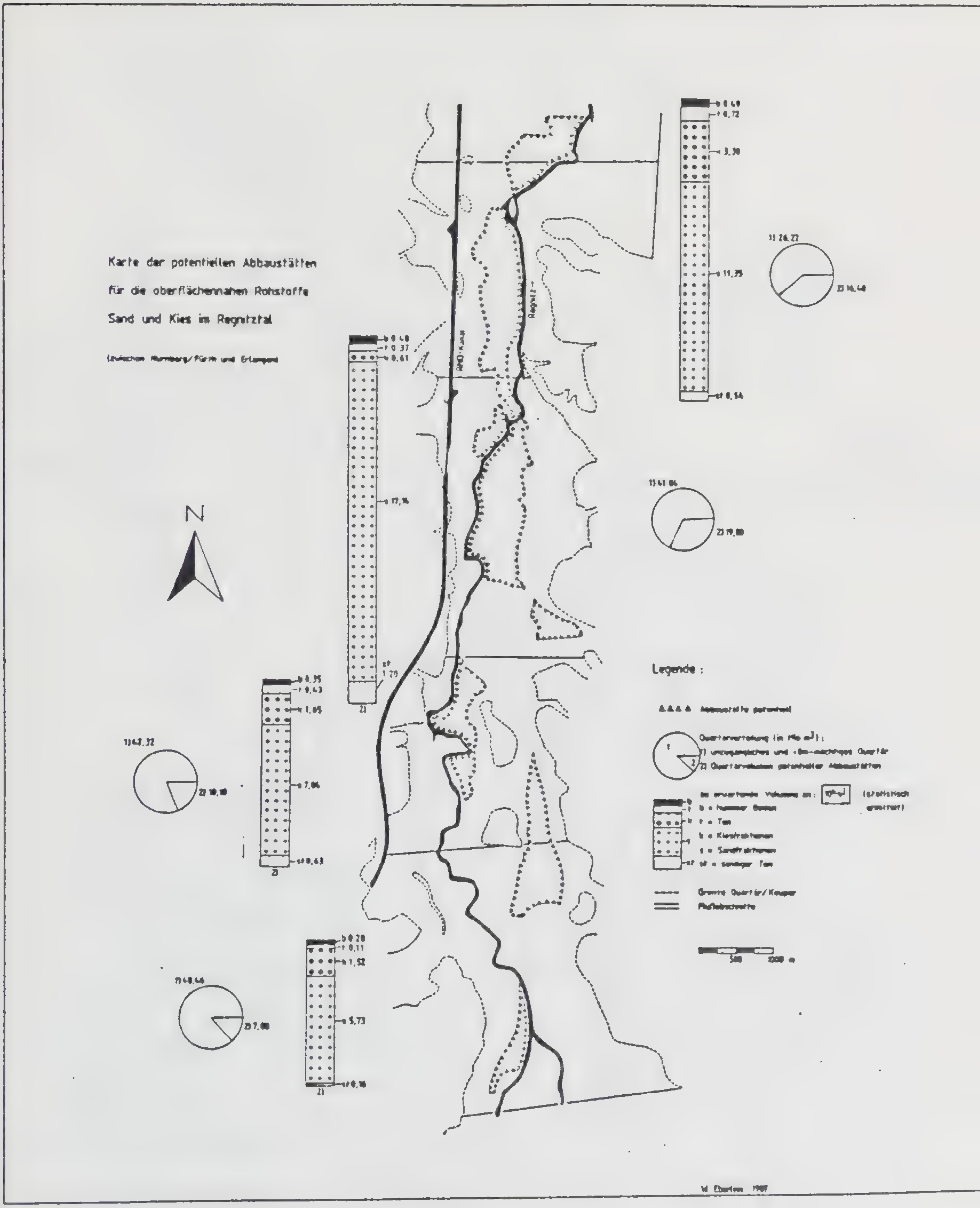
Diese Zahlen belegen die Rohstoffsituation und den Wert, den man den oberflächennahen Massenrohstoffen zumißt, recht eindrucksvoll. Für den Abbau oberflächennaher Rohstoffe werden zu wenig Flächen für die Sicherstellung einer langfristigen Versorgung freigehalten. Wie bereits eingangs erwähnt, scheitert die volkswirtschaftlich gesehen günstige Versorgung mit heimischen Rohstoffen nicht unbedingt an der Knappheit der Rohstoffe -- im Regnitztal sind ausreichende Mengen an Sanden und eingeschränkt auch an Kiesen vorhanden -- , sondern vielmehr an der Unzugänglichkeit der Areale, die abbauwürdige Rohstoffkonzentrationen enthalten.

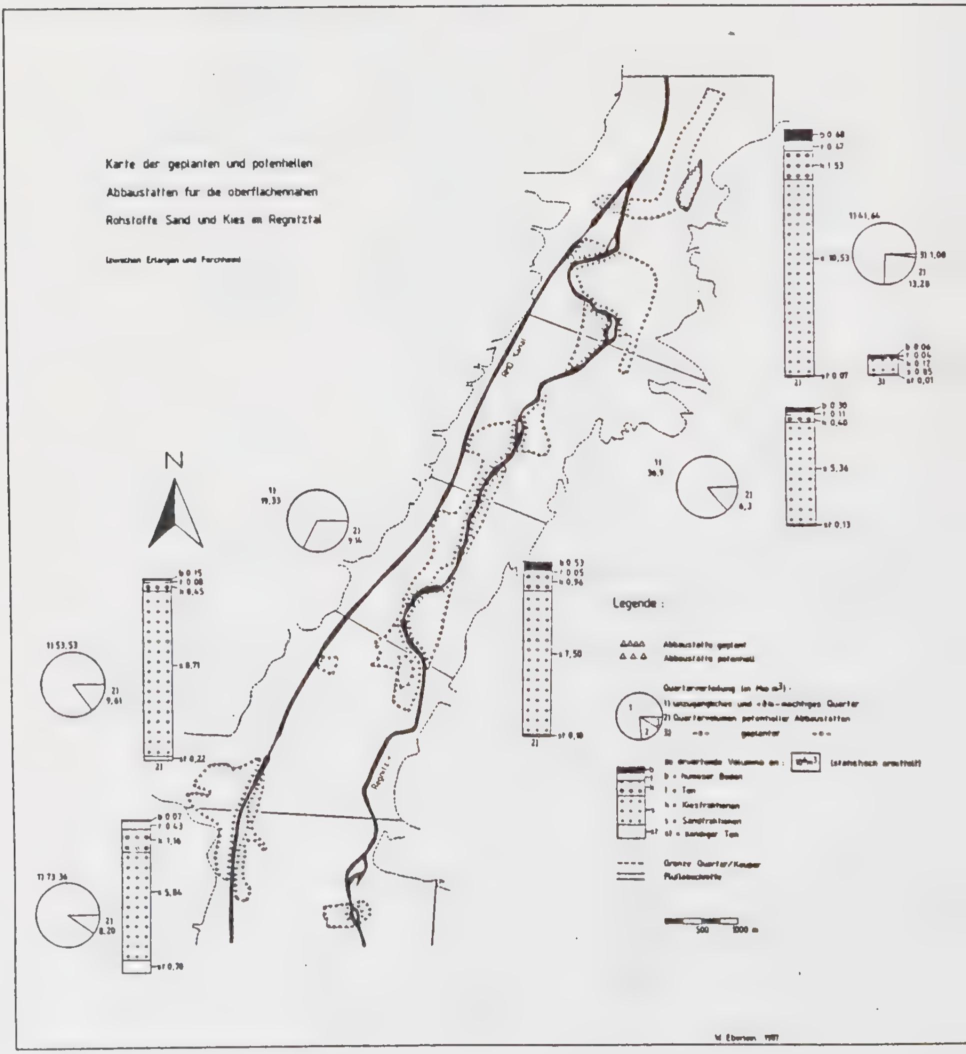
Um auch in der ferneren Zukunft auf die kostengünstige Versorgung mit heimischen Rohstoffen zurückgreifen zu können, scheint es sinnvoll, die vorgeschlagenen potentiellen Abbaustätten als Vorbehaltsflächen bzw. als Vorrangflächen -- zumindest teilweise -- zu sichern und in die Flächennutzungspläne aufzunehmen.

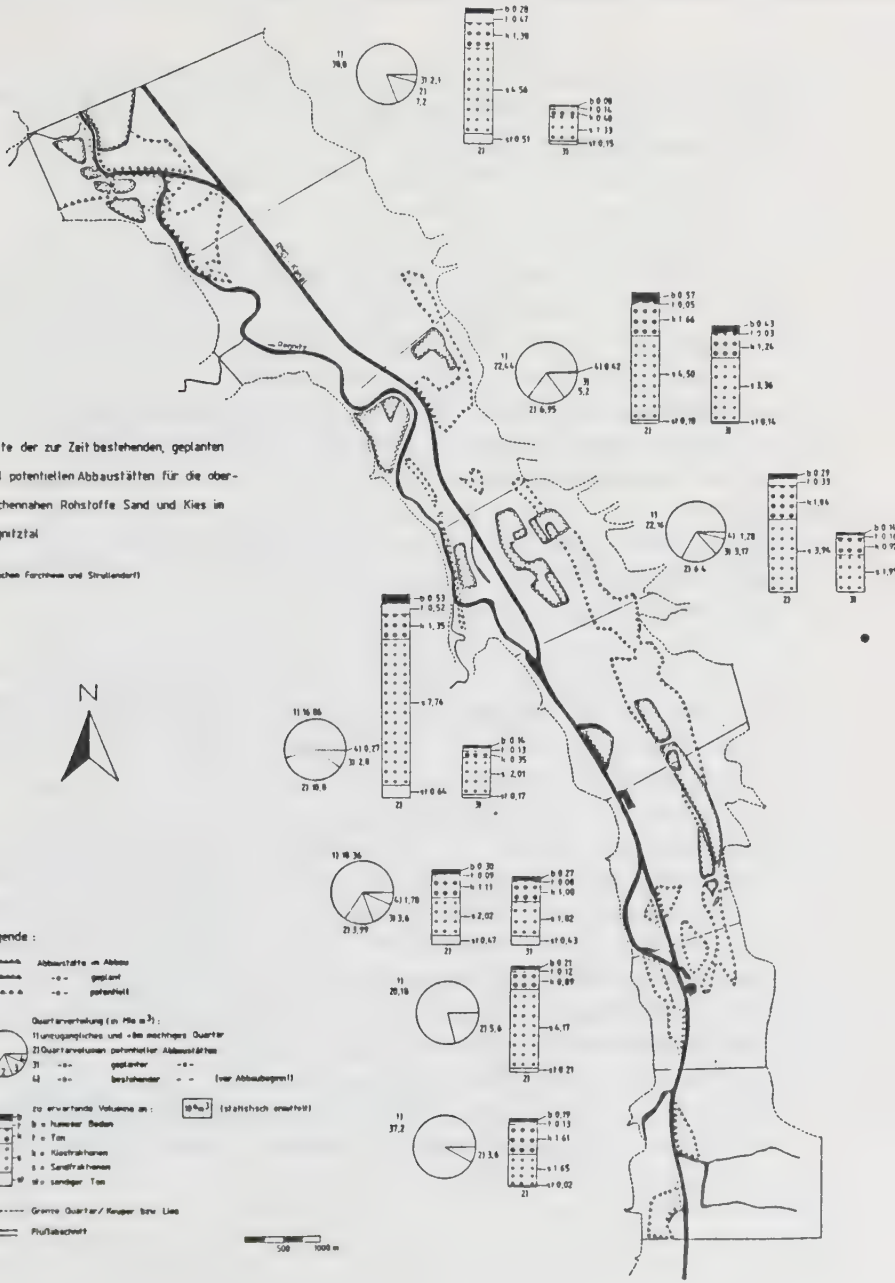
> Seite 77, Abb. 15: Karte der potentiellen Abbaustätten für die oberflächennahen Rohstoffe Sand und Kies im Regnitztal zwischen Nürnberg/ Fürth und Erlangen.

>> Seite 78, Abb. 16: Karte der potentiellen Abbaustätten für die oberflächennahen Rohstoffe Sand und Kies im Regnitztal zwischen Erlangen und Forchheim.

>>> Seite 79, Abb. 17: Karte der potentiellen Abbaustätten für die oberflächennahen Rohstoffe Sand und Kies im Regnitztal zwischen Forchheim und Strullendorf.


Karte der potentiellen Abbaustätten
für die oberflächennahen Rohstoffe
Sand und Kies im Regnitztal
N
Legende :
500


Karte der geplanten und potenhellen
Abbaustatten fur die oberflachennahen
Rohstoffe Sand und Kies im Regnitztal
N
Legende :
Grenze Quartär/Keuper
500 1000 m


Karte der zur Zeit bestehenden, geplanten
und potentiellen Abbaustätten für die ober-
flächennahen Rohstoffe Sand und Kies im
Regnitztal
(zwischen Forchheim und Strullendorf)
N
Legende :
Abbaustätte im Abbau
-o- geplant
-o- potentiell
Quartärverbreitung (in Mio m³) :
1) unregelmäßiges und +8m mächtiges Quartär
2) Quartärvolumen potentieller Abbaustätten
2) -o- geplanter -o-
4) -o- bestehender - - (vor Abbaubeginn!)
zu erwartende Volumina an : (statistisch ermittelt)
b = humoser Boden
t = Ton
k = Kiesschichten
s = Sandschichten
l = sandiger Ton
Grenze Quartär/Keuper bzw. Lias
Prüfbohrung
500 1000 m

11. Qualitative Untersuchungen an Sanden und Kiesen aus dem Regnitztal

Die Sande und Kiese aus den quartären Ablagerungen der Regnitz finden in der weiterverarbeitenden Industrie eine vielfältige Verwendung. Hauptabnehmer der fluviatilen Regnitzsedimente ist die Bauindustrie. Dort finden die Terrassensedimente der Regnitz eine vielseitige Nutzung, vornehmlich als Zuschlagstoffe für Beton, als Füllsande im Tiefbau, als Estrich- und Verputzsande sowie Mörtelsande aller Art.

Hochwertige, chemisch reine Industriesande, wie sie z.B. in der Glasindustrie benötigt werden, kommen in den Terrassensedimenten der Regnitz nicht vor.

Entsprechend ihrer unterschiedlichen Verwendungszwecke müssen die Sande und Kiese für ihre weitere Verwendung gewisse Eigenschaften aufweisen, die in DIN-Normen, z.B. DIN 4226 für Betonzuschlagstoffe, verbindlich geregelt sind.

Bei der Herstellung von Beton, dem Hauptverwendungszweck der Regnitzsedimente, sind von besonderem Interesse die Parameter Korngröße, Kornform, Gehalt an abschlämmbaren Bestandteilen, Frostbeständigkeit und Druckfestigkeit sowie der Anteil betonschädlicher Bestandteile, wie beispielsweise Stoffe organischen Ursprungs, die das Abbinden des Zements stören oder Absprengungen hervorrufen können.

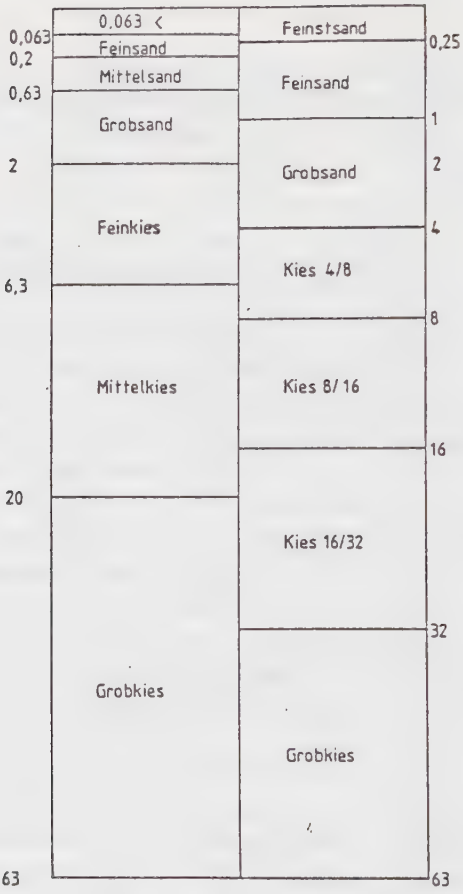
Je nach der Güteklasse des Betons müssen die obigen Parameter innerhalb bestimmter Grenzwerte liegen. Feinkörniger

Zuschlag vermindert dabei immer die Güteklasse des Betons und erhöht zudem den Verbrauch an Zementbindemittel und Wasser. Allerdings ist ein feinkörniger Zuschlag für die Geschmeidigkeit und damit gute Verarbeitbarkeit des Betons unerlässlich. Grobkörnige und günstig geformte (kugelig, würfelig) Zuschlagkörner begünstigen den Wasserzementwert und werden daher bevorzugt zur Betonherstellung verwendet.

Wie die statistische Auswertung der Bohrdaten zeigt, ist der Anteil an sogenannten Betonkiesen (Körnung > 2 mm) in den Terrassensedimenten der Regnitz relativ gering. Hochgerechnet auf den Untersuchungsraum, beträgt der Kiesanteil lediglich 20 - 25 Vol.-%. Die Sandfraktionen stellen mit ca. 70 Vol.-% den überwiegenden Anteil der Sedimente. Abschlämmbare Bestandteile schlagen mit einem Durchschnittswert von ca. 7 Vol.-% zu Buche. Der Anteil an abschlämmbaren Bestandteilen ist jedoch bei der Weiterverarbeitung bereits verringert, da die Regnitzsedimente fast ausschließlich im Naßabbau gewonnen werden und die abschlämmbaren Anteile zum großen Teil schon beim Gewinnungsvorgang ausgespült werden.

Der Betonkies-Anteil ist aus den "Karten zur Zusammensetzung des Quartärs und zur Häufigkeitsverteilung der Sand- und Kieskorngrößen im Regnitztal" (S. 40-42) zu entnehmen. Der als Betonkies relevante Anteil beginnt in dieser, nach DIN 4022 erstellten Einteilung mit der Feinkiesfraktion.

Für einen Korngrößenvergleich der nach DIN 4226 abgesiebten Proben und den aus den Schichtenverzeichnissen statistisch nach DIN 4022 ermittelten Korngrößen dient die in Tab. 12 dargestellte Gegenüberstellung der Korngrößenbereiche nach DIN 4022 und DIN 4226.



Tab. 12: Die Einteilung der Korngrößen nach DIN 4022 (links) und nach DIN 4226 für Zuschlagstoffe für Beton (rechts).

Die unterschiedliche Einteilung des Korngrößenspektrums in den beiden DIN-Normen ergibt sich aus deren abweichender Fragestellung. Die DIN-Norm 4022 gilt für die Aufstellung

eines Schichtenverzeichnisses bei der Untersuchung des Baugrunds und der Wasserverhältnisse des Untergrunds. Zur Ansprache der Klassierungen vor Ort werden visuelle und manuelle Verfahren angewendet.

Die DIN-Norm 4226 hat die Anforderungen an den Rohstoff bei seiner Weiterverarbeitung zum Inhalt.

Die folgenden qualitativen Untersuchungen an Regnitzsanden und -kiesen wurden z.T. in der Materialprüfungsanstalt der Landesgewerbeanstalt (LGA)/Nürnberg gemäß den in DIN 4226 aufgeführten Versuchsanordnungen durchgeführt. Die Absiebung der Proben erfolgte im Betonlabor der Firma RÖCKELEIN BETON in Altendorf. Die Untersuchungen beschäftigen sich vordringlich mit den Parametern, die bei der Verwendung der fluviatilen Klastika als Zuschlagstoffe bei der Betonherstellung Beachtung finden.

Das in bezug auf Frostbeständigkeit, Gehalt an organischen Stoffen, Gehalt an abschlämmbaren Bestandteilen (<0.063 mm), Kornform und Kornverteilung untersuchte Sedimentmaterial wurde aus derzeit im Abbau befindlichen Gruben entnommen.

11.1 Kornzusammensetzung

Die Verteilung der Korngrößen im Regnitztal ist den "Karten zur Zusammensetzung des Quartärs und zur Häufigkeitsverteilung der Sand- und Kieskorngrößen im Regnitztal" (S. 40-42) zu entnehmen.

Zur überprüfung der statistisch gefundenen Werte wurden aus einigen Flußabschnitten Proben entnommen und nach DIN 4226 abgesiebt. Die Korngrößenverteilung wurde in Sieblinien für Betonzuschlagstoffe aufgetragen (Abb. 18), denen die Unterteilung des Korngrößenspektrums nach DIN 4022 zugefügt wurde.

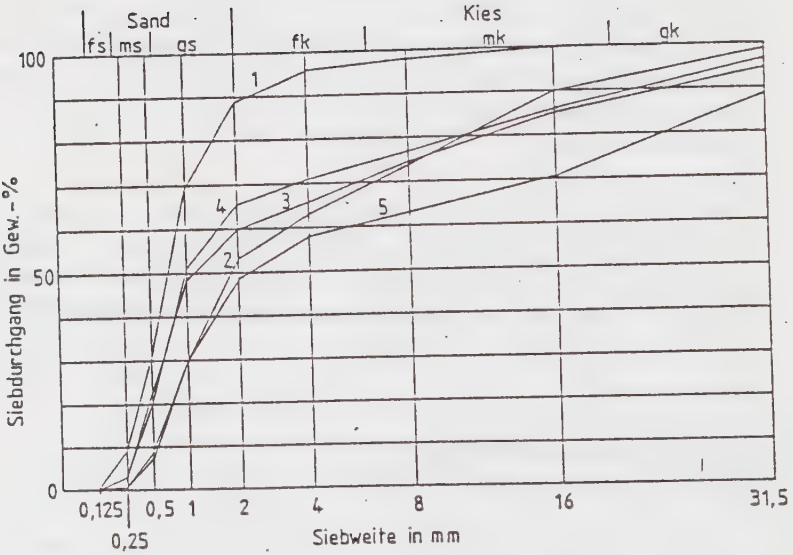


Abb. 18: Sieblinien von Sand/Kies-Mischproben aus den Flußabschnitten II (1), XII (2/3), XIV (4) und XV (5), aufgetragen in Siebliniendiagrammen für Betonzuschlagstoffe.

Wie aus der Abb. 18 hervorgeht, lassen sich die Sieblinien der abgesiebten Mischproben aus den Flußabschnitten IX, XII, XIV und XV mit den statistisch ermittelten Werten der Häufigkeitsverteilungshistogramme in diesen Flußabschnitten korrelieren, und sie bestätigen damit das statistische Ergebnis.

Für die Herstellung von Beton verschiedener Güteklassen ist die Korngrößenverteilung, wie sie im natürlichem Sand/Kies-Gemisch vorliegt ungünstig, da der Feinanteil zu hoch ist und die Grobfraktionen unterrepräsentiert sind. Nach DIN 1045 muß die Kornzusammensetzung innerhalb genau festgelegter Grenzwerte liegen (Abb. 19).

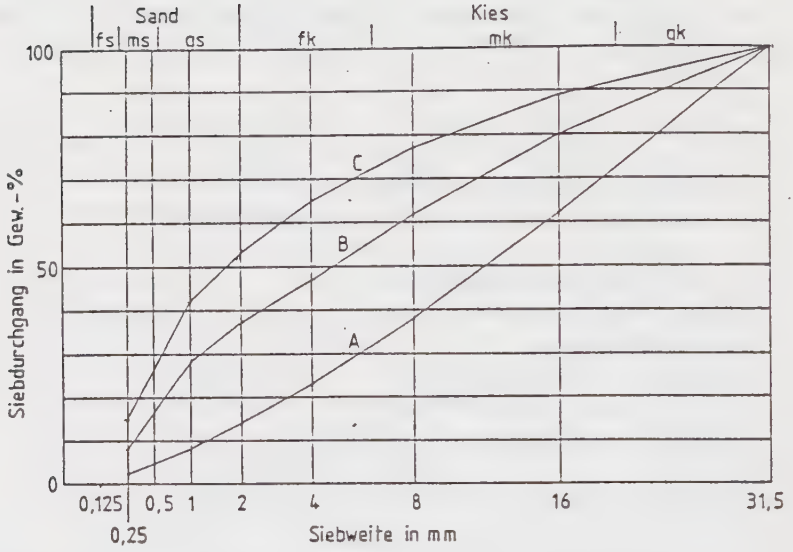


Abb. 19: Sieblinien nach DIN 1045. Die Zusammensetzung von Sand/Kies-Gemischen zur Betonherstellung muß innerhalb dieser Grenzlinien liegen. Die Lage von Sieblinien zwischen A und B zeigt günstige, die zwischen B und C brauchbare Mischungsverhältnisse an. Sand/Kies-Gemische mit Sieblinien außerhalb der Festgesetzten sind ungünstig.

Der Anteil an Sand der Körnung 0/2 sollte z.B. 37 % (DIN 1045) nicht überschreiten. Wie die Sieblinien der Abb. 18 zeigen, erfüllen natürliche Sand/Kies Gemische diese Anforderungen nur im sehr begrenzten Umfang. Das Sand/Kies

Gemisch muß daher vor seiner Weiterverarbeitung aufbereitet, d.h. in Kornfraktionen getrennt werden, um dann entsprechend der DIN 1045 zusammengemischt zu werden.

Da in den Regnitzsedimenten die Grobkomponente unterrepräsentiert ist, muß der Grobzuschlag z.T. durch gebrochenes Material substituiert bzw. Grobzuschlag anderer Flußsedimente zugesetzt werden.

11.2 Frostbeständigkeit

Die Widerstandsfähigkeit eines Zuschlags gegen Frosteinwirkung muß für den vorgesehenen Verwendungszweck ausreichend sein. Für Beton, der häufigen Frost-Tau-Wechsel im stark durchfeuchteten Zustand ausgesetzt ist, gilt der Widerstand des Zuschlags als ausreichend, wenn bei der Prüfung nach DIN 4226 Blatt 3, Abschnitt 3.5.1, der Durchgang durch das dort vorgesehene Prüfsieb 4 Gew.-% nicht überschreitet (aus DIN 4226).

Bei der Prüfung der Frostbeständigkeit der Sande und Kiese aus dem Regnitztal wurden Werte zwischen 0.3 - 2.6 Gew.% gemessen. Demgemäß erfüllen die Regnitzsedimente zum Teil auch die erhöhten Anforderungen nach DIN 4226. Monomere Quarzsande, wie sie in den Flußablagerungen der Regnitz häufig vorkommen, unterschreiten diese Werte noch.

11.3 Gehalt an Stoffen organischen Ursprungs

Bei Untersuchungen des Betonzuschlags auf organogene Beimengungen mit 3%-iger Natronlauge konnten keine Farbveränderungen festgestellt werden, d.h. die Zuschlagstoffe sind weitestgehenst frei von organischen Material und können ohne Bedenken verwendet werden.

11.4 Kornform, lithologische Zusammensetzung und Festigkeit

Der Anteil ungünstig geformter, d.h. stengeliger Körner ist nur gering bzw. unerheblich und entspricht damit ebenfalls den erhöhten Anforderungen der DIN 4226. Die lithologische Zusammensetzung des Sedimentmaterials entspricht der Lithologie des Einzugsbereichs der Regnitz. Den größten Anteil an Klastika stellen Quarzsande, deren Edukt im Wesentlichen Keupersandsteine waren. Nach der Einmündung der Wiesent in die Regnitz setzen sich vor allem bei den gröberen Klastika Malmkalke durch.

Die Festigkeit, dieser durch fluviatilen Transport entstandenen Sande und Kiese entspricht durch die bereits natürlich erfolgte Aussonderung des instabilen Anteils den DIN-Anforderungen.

11.5 Gehalt an abschlämmbaren Bestandteilen

Der Anteil an abschlämmbaren Bestandteilen (<0.063 mm) wurde mit dem Absetzversuch durchgeführt. Auch hier liegen die Sande und Kiese der Regnitz unter den geforderten Richtwerten nach DIN 4226.

11.6 Zusammenfassung der qualitativen Untersuchungen

Die Terrassensedimente der Regnitz erfüllen die wesentlichen Parameter für ihre Verwendung als Betonzuschlagstoffe gemäß DIN 4226.

Das natürliche Korngrößenspektrum der Grubensande und -kiese entspricht nicht den nach DIN 1045 geforderten Richtgemischen zur Betonherstellung. Die Absiebung des Grubenmaterials nach Korngrößen und die nachgestellte, betonspezifische Mischung ist obligatorisch und bereitet keinerlei Schwierigkeiten.

Grundsätzlich ist zu vermerken, daß man versucht, die begrenzten Abbaue möglichst vollständig zu nutzen, d.h. auch die feineren Körnungen weiter zu verarbeiten. Auch in der betonherstellenden Industrie werden betontechnologische Überlegungen zur Ausnutzbarkeit natürlicher Zuschlagvorkommen bezüglich des bisher vernachlässigten Feinkornanteils, durchgeführt.

12. L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

AUST, H. & BECKER-PLATEN, J.D. (1985): Angewandte Geowissenschaften in Raumplanung und Umweltschutz. - 136 S.; 57 Abb.; 26 Tab.; 14 Bilder; Stuttgart.

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN (1974): Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan Regnitz. - Bd.I; 247 S.; München.

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND VERKEHR: Rohstoffprogramm für Bayern. - 129 S.; München.

BECKER-PLATEN, J.-D. (1980): Stand der Erforschung der Nutzungssicherung von Kies- und Sandlagerstätten. - Steinbruch und Sandgrube 1; 17-22; Hannover.

BECKER-PLATEN, J.-D. & LÜTTIG, G. (1980): Naturraumpotentialkarten als Unterlagen für Raumordnung und Landesplanung - 59 S.; ARL-Arbeitsmaterial 27; Hannover.

BERGER, K.B. (1951): Die Dünen im Raum von Nürnberg und Erlangen. - Geol. Bl. NO-Bayern 1: 70-74; 2 Abb.; Erlangen.

- (1978): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Nürnberg-Fürth-Erlangen und Umgebung 1:50000. - 219 S.; 38 Abb.; 1 Tab.; 3 Beil.; München (Bayerisches Geologisches Landesamt).

BIRZER, F. (1936 b): Eine Tiefbohrung durch das mesozoische Deckgebirge in Fürth in Bayern. - Zbl. f. Min etc Abt. B 10: 425-433; Stuttgart.

- (1936 c): Zur jungdiluvialen Aufschüttung im Regnitz gebiet. - S. Ber. phys. - med. Soz. Erl. 67: 247-262; 2 Abb.; Erlangen.

- (1957): Begrabene Talstücke der Pegnitz und Regnitz im Stadtgebiet von Nürnberg und Fürth. - Geol. Bl. NO-Bayern 7: 98-115; 7 Abb; Erlangen.

- (1958): Bohrung Möbius & Ruppert, Erlangen. - Geol. Bl. NO-Bayern 8: 109; Erlangen.

BIRZER, F. (1959): Bohrung Zirndorf, Grüner Baum AG, Fürth. Geol. Bl. NO-Bayern 9: 37; Erlangen.

– (1963): Die Verlagerung des Schwabachtales in Erlangen. – Geol. Bl. NO-Bayern 13: 17-22; 1 Abb.; Erlangen.

– (1971): Bohrung Mönau der Erlanger Stadtwerke AG. – Geol. Bl. NO-Bayern 21: 53-57; Erlangen.

– (1978): Ein großes Lyditgeröll aus hochgelegenen Schottern bei Erlangen. – Geol. Bl. NO-Bayern 28: 169/170; 1 Abb.; Erlangen.

– (1980): Eine Versuchsbohrung auf Trinkwasser für die Stadt Herzogenaurach. – Geol. Bl. NO-Bayern 30: 126-128; 1 Abb.; Erlangen.

BIRZER, F. & HILMER, K. (1975): Die Grundwasserverhältnisse beim U-Bahnbau in Nürnberg. – Geol. Bl. NO-Bayern 25: 65-79; 8 Abb.; Erlangen.

BLANCKENHORN, M. (1895): Das Diluvium der Gegend von Erlangen. – Separatdruck a. d. Sb. d. phys. – med. Soc. Erlangen; 48 S.; 5 Fig.; Erlangen.

BRINKMANN, R. (1975): Abriß der Geologie. – Bd. I; 228 S.; 228 Abb.; 28 Tab.; Stuttgart.

BRUNNACKER, K. (1967): Einige Schotteranalysen aus dem Urmaintal zwischen Schwabach und Treuchtlingen. – Geol. Bl. NO-Bayern 17: 92-99; 1 Taf.; Erlangen.

DAFNER, G. (1985): Geologische und hydrogeologische Ergebnisse der Grundwassererschließungsbrunnen Eltersdorf 8 und Eltersdorf Tiefbrunnen 1. – Geol. Bl. NO-Bayern 34/35:549-562; 4 Abb.; Erlangen.

DANIELS, C.H.v. & LÜTTIG, G. (1982): Geowissenschaftliche Karten des Naturraumpotentials als Unterlagen für Raumordnung und Landesplanung. – in: Energierohstoffe im Alpen-Adria-Raum: 151-163; Graz.

DEMIREL, Z.A. (1984): Zur Hydrogeologie im Bereich des Regnitztales zwischen Erlangen/Bruck und Fürth/Mannhof unter Berücksichtigung geophysikalischer Prospektionsmethoden. – 142 S.; Diss. Univ. Erlangen.

DORSTEWITZ, U.-E. (1977): Erforschung, Sicherung und Wiedereingliederung von oberflächennahen Lagerstätten der Steine und Erden. - Geol. Jb. (D) 27: 5-119; 26 Abb.; 18 Tab.; Hannover.

DIETRICH, B. (1911): Entstehung und Umbildung von Fluß terrassen. - Geol. Rdsch. 2: 445-454; 3 Fig; Leipzig.

DINGETHAL, F.J., JÜRGING, P., KAVLE, G. & WEINZIERL, W. (1981): Kiesgrube und Landschaft. - 227 S.; 177 Abb.; 2 übers.; 7 Tab.; Hamburg und Berlin.

FREYBERG, B.v. (1943): Lagerung und Grundwasser im tieferem Untergrund von Erlangen. - Z. dt. geol. Ges. 95: 341-357; 4 Abb.; Berlin.

FREYBERG, B.v. (1954): Die Randfazies des Gipskeupers, insbesondere der Benker Sandstein in Franken. - Erl. geol. Abh. 11: 66 S.; 6 Abb.; 1 Taf.; Erlangen.

- (1956): Zur Kenntnis des Keuperuntergrunds von Erlangen. - Geol. bav. 25: 90-99; 3 Abb.; München.

- (1960 a): 26 Tiefbohrprofile in den Keuperuntergrund von Erlangen. - Geol. Bl. NO-Bayern 10: 80-91; 1 Abb.; Erlangen.

- (1975): Neue Forschungsergebnisse aus dem Keuper und Lias von Erlangen. - Erl. geol. Abh. 102: 104 S.; 76 Abb.; 12 Taf.; Erlangen.

FICKENSCHER, K. (1924): Geologische Verhältnisse und Ent stehungsgeschichte des Landschaftsbildes um Nürnberg. - 63 S.; 7 Prof.; 21 Abb.; Nürnberg.

- (1938): Geologische Verhältnisse des tieferen Untergrundes im Stadtbezirk Nürnberg, unter besonderer Berücksichtigung der dortselbst niederge-brachten Tiefbrunnen und Tiefbohrungen. - 89 S.; Nürnberg.

FRANKE, J. & POLL, K. (1981): Das Erlanger Regnitztal als exemplarisches Objekt interdisziplinärer Regionalplanung. - Erl. Forsch. (B) 10; 138 S.; Erlangen.

FUCHS, B. (1955): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25.000, Blatt Nr. 6531 Fürth. - 39 S.; 8 Abb.; München (Bayerisches Geologisches Landesamt).

- (1956): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25.000, Blatt Nr. 6532 Nürnberg. - 24 S.; 1 Abb.; München (Bayerisches Geologisches Landesamt).

GOCHT, W. (1978): Wirtschaftsgeologie. - 200 S.; Berlin (Springer Verlag).

GRAUPNER, A. (1935/36): Die Terrassen der Regnitz auf Blatt Forchheim. - S.- B. phys.- med. Soc. 67: 379-394; 4 Abb.; Erlangen.

GRIMM, E. (1956): Sedimentpetrographische Untersuchungen an rezenten Sanden der Regnitz (Mittelfranken) und der Naab (Bayr. Oberpfalz). - 77 S.; Diss. Univ. Köln.

GRIMM, W.D. (1966 b): Hydrogeologische Kartierung im Raum Nürnberg. - Z. dt. geol. Ges. 118: 308-332; 6 Abb.; 4 Kart.; Hannover.

GRIMM, W.D. & HOFBAUER, J. (1966): Die Profilserien der Grundwasserkarten von Bayern 1 : 25.000, erläutert am Beispiel von Blatt 6532 Nürnberg. - Geol. Mitt. 6: 115-158; 6 Abb.; 2 Taf.; Aachen.

HAARLÄNDER, W. (1955): Geologie des Blattes Röttenbach. - Erl. geol. Abh. 13: 16 S.; 1 Taf.; Erlangen.

- (1962): Bohrungen in Forchheim und Umgebung. - Geol. Bl. NO-Bayern 8: 45-49; 2 Abb.; Erlangen.

- (1966): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25.000, Blatt Nr. 6331 Röttenbach. - 84 S.; 8 Abb.; 1 Tab.; München (Bayerisches Geologisches Landesamt).

- (1966): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25.000, Blatt Nr. 6432 Erlangen-Süd. - 146 S.; 19 Abb.; München (Bayerisches Geologisches Landesamt).

- (1968): Erlangen-Bruck: Brunnenbohrungen für die staatliche, bakteriologische Untersuchungsanstalt Erlangen. - Geol. Bl. NO-Bayern 18: 245-249; 1 Abb.; Erlangen.

HAARLÄNDER, W. (1969): Die Autobahnstrecke Nürnberg-Nord bis Geiselwind, geologisch betrachtet. - Geol. Bl. NO-Bayern 19: 59-72; 2 Abb.; Erlangen.

- (1970): Ein begrabenes Talstück der Regnitz bei Mannhof - Stadeln. - Geol. Bl. NO-Bayern 20: 51-60; 2 Abb; Erlangen.

- (1971): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25.000, Blatt Nr. 6431 Herzogenaurach. - 118 S.; 24 Abb.; 5 Tab.; 2 Taf.; 2 Bei.; München (Bayerisches Geologisches Landesamt).

HAUS DER TECHNIK e.V. (1981): Die Rohstoffsituation für die Baustoffindustrie. - Veranstaltungsunterlagen zur Fachveranstaltung Nr. F-6-101-410-1; Essen.

HOFMEISTER, E. & STEIN, V. (1971): Wie untersucht man ein Kiesvorkommen ? - Steinbruch und Sandgrube 64: 324-325; Hannover.

- (1977): Vorschlag für eine Klassifikation der Lagerstättenvorräte der Steine und Erden Industrie. - Geol. Jb. (D) 27: 151-159; 2 Tab.; Hannover.

JAKOB, B. (1979): Zur Geologie und Hydrogeolgie des Quartärs im Raum Forchheim/Obfr. - 101 S.; Unveröf. Dipl. Arb. Univ. Erlangen.

JERZ, H. et al. (1981): Quartär. - Erl. zur. Geol. Karte von Bayern 1 : 500 000: S. 134-151; 3 Abb.; 7 Tab.; München (Bayerisches Geologisches Landesamt).

KLUMP, N. (1982): Geologisch - hydrologische Veränderungen im Zuge der Baumaßnahmen des Main-Donau-Kanals zwischen Bamberg und Nürnberg unter besonderer Berücksichtigung umweltrelevanter Probleme. - Erl. geol. Abh. 110: 72 S.; 4 Tab.; 65 Abb.; Erlangen.

KRUMBECK, L. (1948): Das Quartär von Forchheim (Oberfranken). - N. Jb. Min. Geol. Paläont. Abh. (B) 89: 258-314; 2 Abb.; 2 Taf.; 1 Tab.; Stuttgart.

- (1950): Das Quartär von Erlangen (Mittelfranken). - N. Jb. Min. Geol. Paläont. Abh. 92: 1-30; 2 Abb.; 1 Taf.; 2 Beil.; Stuttgart.

KRUMBECK, L. (1956): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25.000, Blatt Nr. 6232 Forchheim. - 80 S.; 2 Abb.; 4Taf.; München (Bayerisches Geologisches Landesamt).

LANG, M. (1970): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1 : 25.000, Blatt Nr. 6131 Bamberg-Süd. - 150 S.; 11 Abb.; 8 Tab.; 4 Taf.; München (Bayerisches Geologisches Landesamt)

LORENZ, W. (1985): Oberflächennahe mineralische Rohstoffe in der Bundesrepublik Deutschland - Kartendarstellung, rechtliche und wirtschaftliche Probleme. - Geol. Jb. (D)74: 19-32; 1 Abb.; 4 Tab.; 1 Taf.; Hannover.

LÜTTIG, G. (1977): Die oberflächennahen Rohstofflagerstätten und ihre gegenwärtige wirtschaftliche, wissenschaftliche und rohstoffpolitische Rolle. - Geol. Jb. (D) 27: 3/4; Hannover.

LÜTTIG, G. (1979): Zur Lage der Versorgung der deutschen Volkswirtschaft mit den mineralischen Rohstoffen Kies und Sand. - 36 S.; 2 Tab.; 4 Abb.; Hannover.

MARSAL, D. (1967): Statistische Methoden für Erdwissenschaftler. - 152 S.; Stuttgart.

MÜLLER, G. (1964): Methoden der Sedimentuntersuchung. - 303 S.; 91 Abb.; 2 Taf.; 30 Tab.; 3 Bei.; Stuttgart.

NEUMEISTER, P. (1904): Die Alluvial- und Diluvialablagerungen des Regnitztales südlich Erlangen. - 126 S.; Diss. Univ. Erlangen.

NEY, P. (1986): Gesteinsaufbereitung im Labor. - 157 S., 7 Abb., 9 Tab., Stuttgart.

PAUFLER, S. (1980): Quartär und Hydrogeologie im Bereich des Regnitztales zwischen Erlangen-Nord und Hausen. - 89 S.; Unveröffentl. Dipl. Arb. Univ. Erlangen.

PLANUNGSVERBAND INDUSTRIEREGION MITTELFRANKEN (1983): Regionalplan Industrieregion Mittelfranken, Entwurf 1983. - 512 S.; 4 Karten; Lauf.

POLL, K. (1974): Ergebnisse der Erlanger Quartärarbeiten im Reg-nitztal zwischen Nürnberg und Bamberg. - Nachr. dt. geol. Ges. 10: 28-36; 3 Abb.; Hannover.

POLL, K. & SCHRÖDER, B. (1971): Zum Alter der Regnitz-Oberterrassen nach Aufschlüssen in Alterlangen, Mittelfranken. - Geol. Bl. NO-Bayern 21: 171-178; 5 Abb.; 1 Taf.; Erlangen.

POLL, K. & WEICKEN, H.M. (1976): Quartäruntersuchungen im Bereich der Regnitz-Oberterrasse in Erlangen-West. - Geol. Bl. NO-Bayern 26: 25-46; 7 Abb.; 2 Tab.; 2 Taf.; Erlangen.

REGIONALER PLANUNGSVERBAND OBERFRANKEN - WEST (1984): Regionalplan für die Planungsregion Oberfranken - West, Entwurf 1983. - 332 S.; 4 Karten; Bamberg.

REICHEL, B.R. (1977): Zur Hydrogeologie des Quartärs in Erlangen. - 158 S.; Unveröffentl. Dipl. Arb. Univ. Erlangen.

REINECK, H.-E. & SINGH, J.B. (1973): Depositional sedimentary environments. - 439 p., 579 figures, Berlin Heidelberg New York (Springer).

RÜCKERT, L. (1933): Zur Flußgeschichte und Morphologie des Regnitzgebietes. - Heimatkundl. Arb. geogr. Inst. Univ. Erlangen 7: 86 S.;12 Fig.; 4 Taf.; Erlangen.

- (1953): Über Talverschüttungen im Nürnberger Becken. - Geol. Bl. NO-Bayern 3: 106-110; Abb 1a-1f; Erlangen.

RUTTE, E. (1971): Pliopleistozäne Daten zur Änderung der Hauptabdachung im Main-Gebiet, Süddeutschland. - Z. Geomorph., n.F., Suppl. 12: 51-72, Berlin - Stuttgart.

SCHIRMER, W. (1978): Holozän an Main und Regnitz. - Schriftenr. des bay. LA für Wasserwirtsch. 7; "Das Mainprojekt"; 73-81; München.

SCHRÖDER, B. (1968): Erläuterungen zur geologischen Karte von Bayern 1 : 25.000, Blatt Nr. 6332 Erlangen-Nord. - 159 S.; 21 Abb.; 3 Tab.; 1 Bei.; München (Bayerisches Geologisches Landesamt)

SCHRÖDER, B (1971): Daten und Probleme der Flußgeschichte und Morphogenese in Ostfranken. - Mitt. fränk. geogr. Ges. 18: 163-181; 8 Abb.; 1 Karte; Erlangen.

SPÖCKER, R.G. (1964): Der Untergrund von Nürnberg. Geologisch-Hydrologisches Handbuch. - 136 S.; Nürnberg (Spindler Verlag).

- (1973): Geologie im Mündungsgebiet der Urpegnitz, Aufschlüsse beim Hafenbau in Nürnberg-Hinterhof. - Geol. bav. 67: 253-277; 2 Abb.; 1 Bei.; München.

STEIN, V. (1976): Die wirtschaftsgeologische Bearbeitung von Steinen und Erden. - Nachr. dt. geol. Ges. 14: 74-78; Hannover.

- (1982 a): Geht uns der Kies aus ? - Bild der Wissenschaft 1982/3: 104-111; Stuttgart.

- (1985): Rohstoffsicherung. Aspekte für den Betonbau. - Beton 35: 9-13; Düsseldorf.

STEIN, V. & HOFMEISTER, E. (1977): Schätzung der Rohstoffvorräte in oberflächennahen Lagerstätten Niedersachsens (Stand Mitte 1976). - Geol. Jb. (D) 27: 133-149; Hannover

STEIN, V. & HOFMEISTER, E. (1977): Die Darstellung oberflächennaher Rohstoffvorkommen. - Geol. Jb. (D) 27: 121-132, 3 Abb., Hannover.

STÜRMER, W. (1971): Die Verwendung von silurischen Kieselschiefer-Geröllen bei der Verfolgung pleistozäner Flußablagerungen in der Mainterrasse. - Geol. Bl. NO-Bayern 21: 3-12;1 Abb.; 1 Taf.; Erlangen.

TILLMANNS, W. (1977): Zur Geschichte von Urmain und Urdonau zwischen Bamberg, Neuburg/Donau und Regensburg. - Sonderveröffentl. geol. Inst. Univ. Köln 30: 198 S.; Köln.

TRUSHEIM, F. (1964): über den Untergrund Frankens. Ergebnisse von Tiefbohrungen in Franken und Nachbargebieten 1953-1960. - Geol. bav. 54: 92 S.; 11 Abb.; 13 Bei.; München.

VADEMECUM 2 (1981): Lagerstätten der Steine, Erden und Industrieminerale. Untersuchung und Bewertung. - 248 S.; Schriftenr. GDBM 38.; Basel.

VOGEL, F. (1961): Erläuterungen zur Bodenkundlichen übersichtskarte von Bayern 1 : 500.000. - 168 S.; München (Bayerisches Geologisches Landesamt).

VOSSEN, K. (1984): Die Kiessandwirtschaft NW-Europas unter Berücksichtigung der Rohstoffsicherung und deren Anwendung in Raumordnungsplänen. - 250 S.; Köln.

VOSMERBÄUMER, H. (1973): Quartäre Flugsande in Nordbayern. - Geol. Bl. NO-Bayern 23: 1-20; 7 Abb; 2 Taf.; Erlangen.

WEICKEN, H.M. (1982): Untersuchungen zur mittel- und jung-pleistozänen Talgeschichte der Rednitz aufgrund von Beobachtungen im Raum Erlangen. - Erl. geogr. Arb.; H. 42; 121 S.; Erlangen.

WEYER, C. (1980): Quartär und Hydrogeologie im Bereich des Regnitztales im Bereich von Eggolsheim bis Strullendorf. - 115 S.; Unveröffentl. Dipl. Arb. Univ. Erlangen, Erlangen.

WOLDSTEDT, P. (1950): Norddeutschland und angrenzende Gebiete im Eiszeitalter. - 464 S.; 97 Abb:; Stuttgart.

ZANKE, U. (1982): Grundlagen der Sedimentbewegung. - 402 S., 188 Abb., 13 Tab., Berlin Heidelberg New York (Springer).

ZEUNER, F.E. (1952): Pleistocene shore-lines. - Geol. Rdsch. 40; 39-50; 2 fig.; Stuttgart.

ZIAIFAWNI, F. (1977): Zur Hydrogeologie und Hydrochemie des Regnitztales und seines Einzugsgebietes im Raum Forchheim (Oberfranken). - 156 S.; Diss. Univ. Erlangen, Erlangen.

13. Anhang

13.1 Legende zu den Bohrprofilen

Boden

Ton

Sandiger Ton

Schluff

Feinsand

Mittelsand

Grobsand

Feinkies

Mittelkies

Grobkies

Sandiger Kies

13.2 Lagekarten zu den Bohrungen und Profilen

> Seite 102, Abb. 20: Lagekarte der Bohrungen und Profile im Regnitztal zwischen Nürnberg/Fürth und Erlangen.

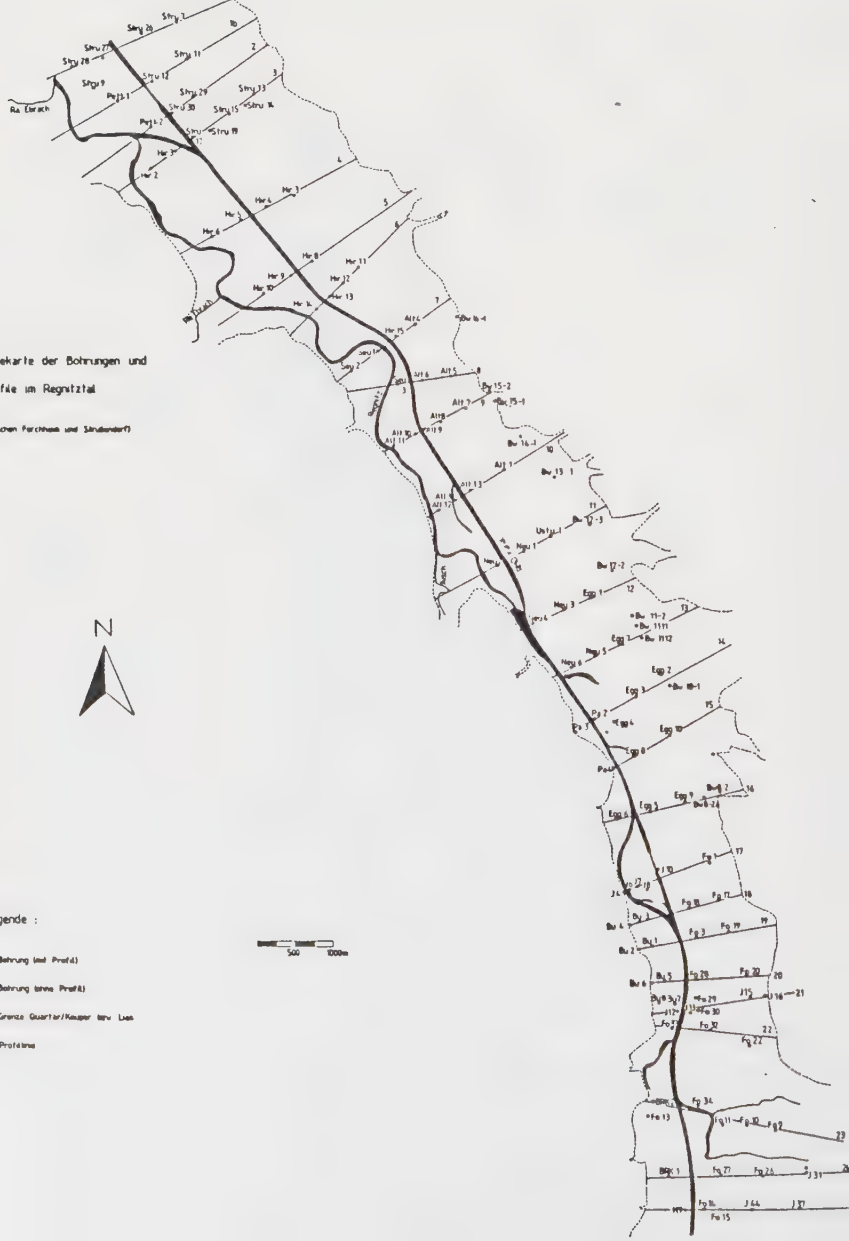
>> Seite 103, Abb. 21: Lagekarte der Bohrungen und Profile im Regnitztal zwischen Erlangen und Forchheim.

>>> Seite 104, Abb. 22: Lagekarte der Bohrungen und Profile im Regnitztal zwischen Forchheim und Strullendorf.

Lagekarte der Bohrungen und Profile im Regnitztal

(zwischen Erlangen und Nürnberg)

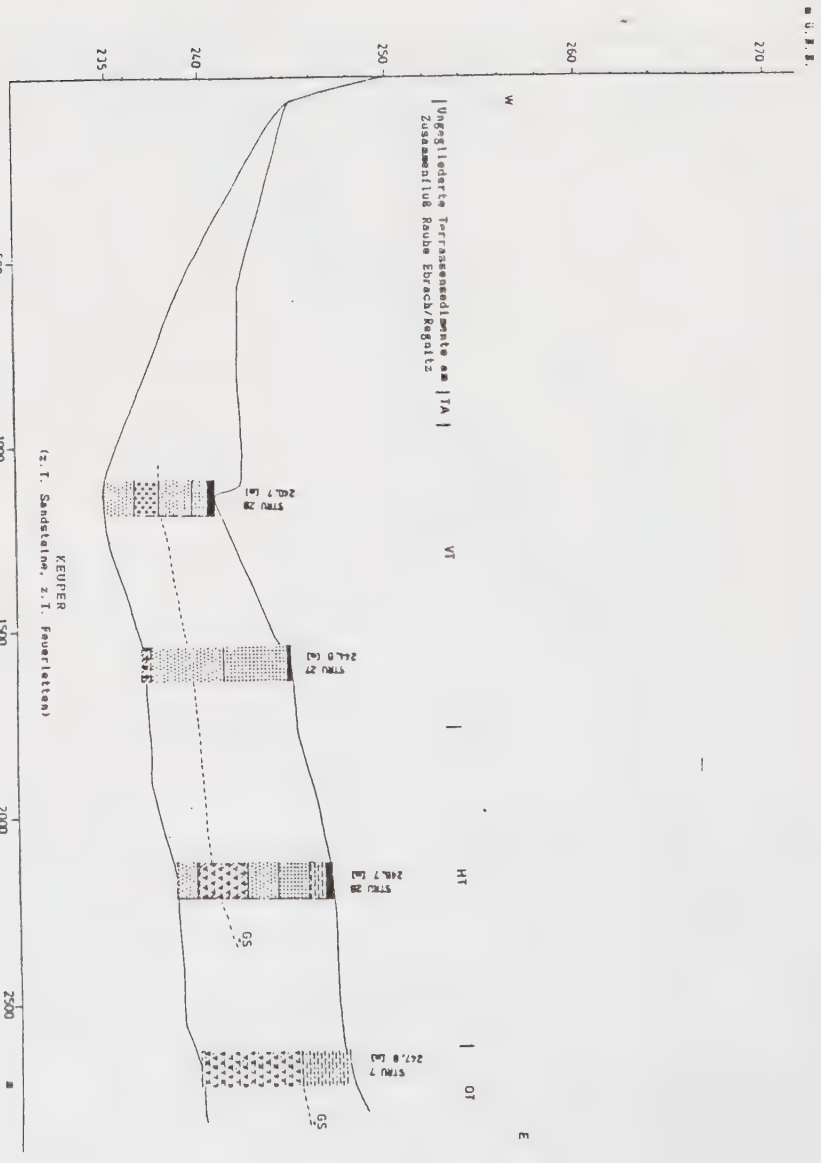
Lagekarte der Bohrungen und
Profile im Regnitztal
N
Legende:


Lagekarte der Bohrungen und
Profile im Regnitztal
(zwischen Forchheim und Sandsendorf)
N
Legende :
Bohrung (mit Profil)
Bohrung (ohne Profil)
Grenze Quartär/Keuper bzw. Lias
Profillinie
500
1000m

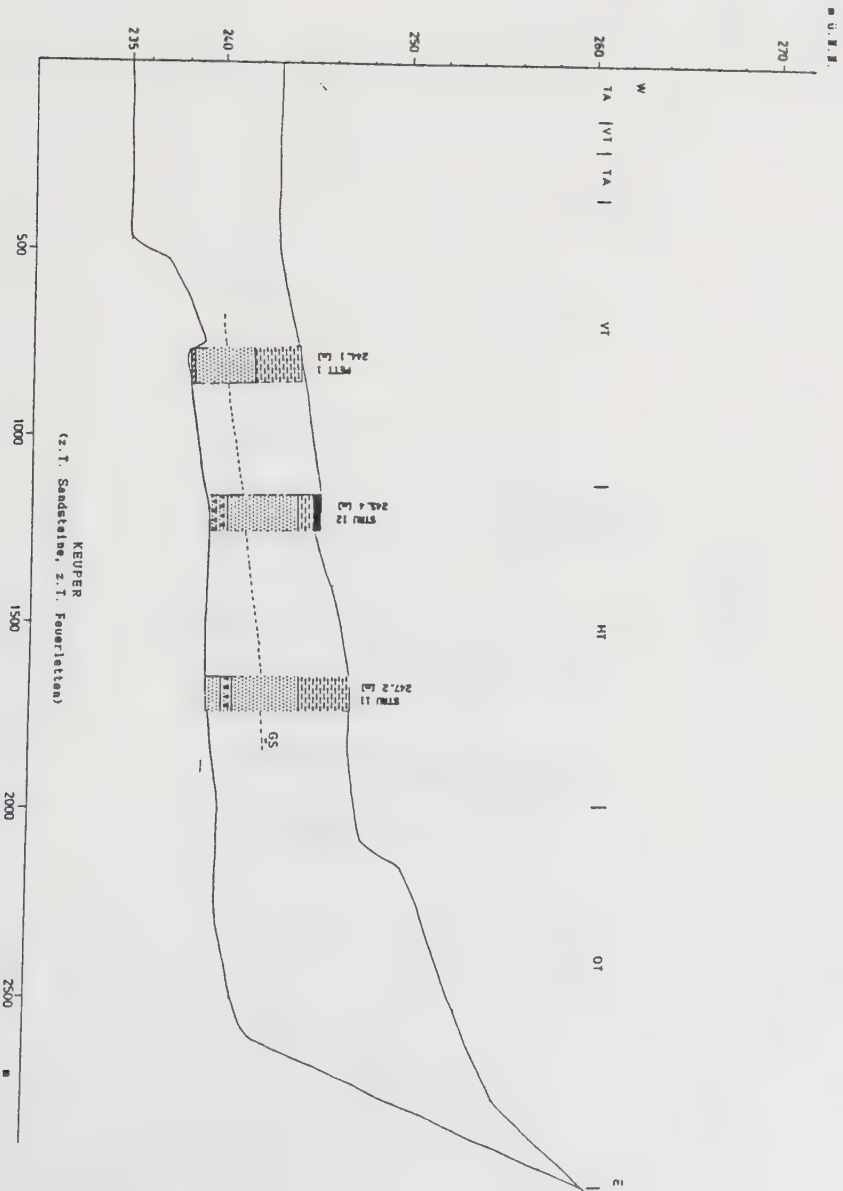
13.3 Geologische Profile durch das Regnitztal

Die Profile 1a-58 sind von Norden nach Süden fortschreitend durchnumeriert. Die Lage der Profilschnitte und der Bohrungen ist den Lagekarten der Seiten 102-104 zu entnehmen. Die Legende zu den Bohrungen befindet sich auf Seite 100.

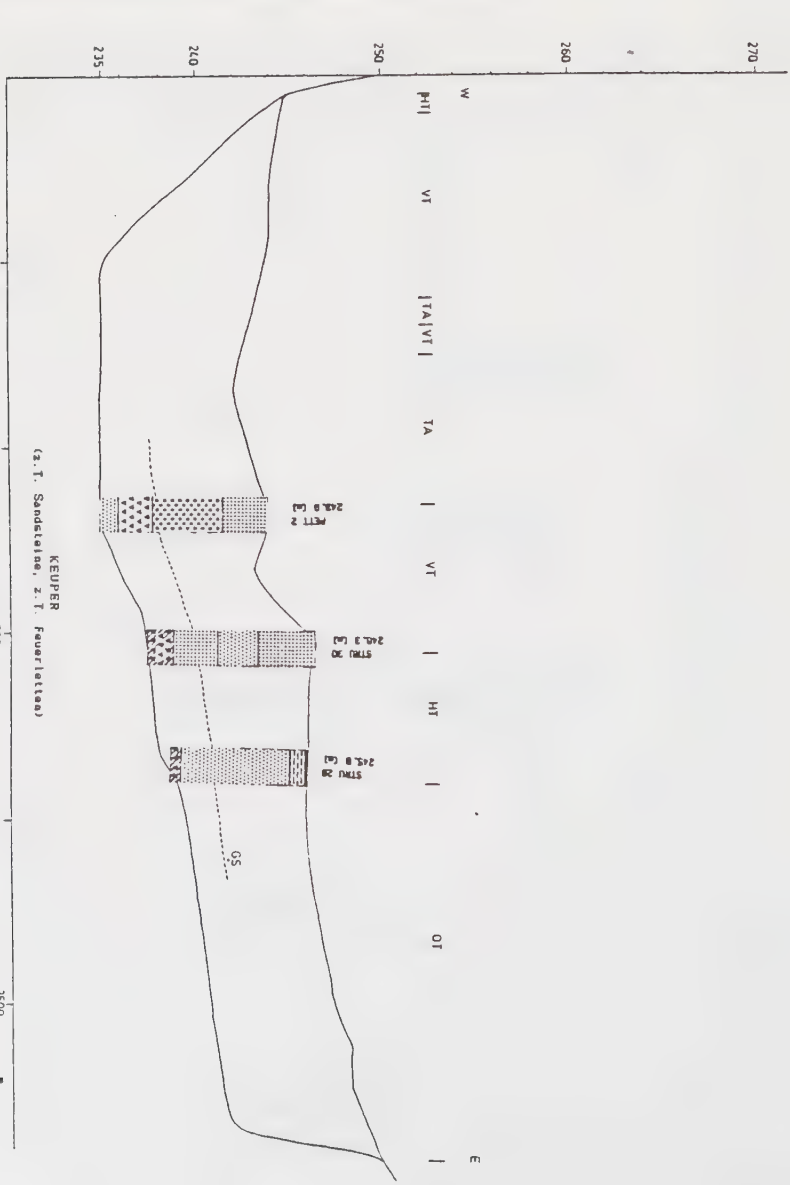
Profile durch das Regnitztal: Profil 1a



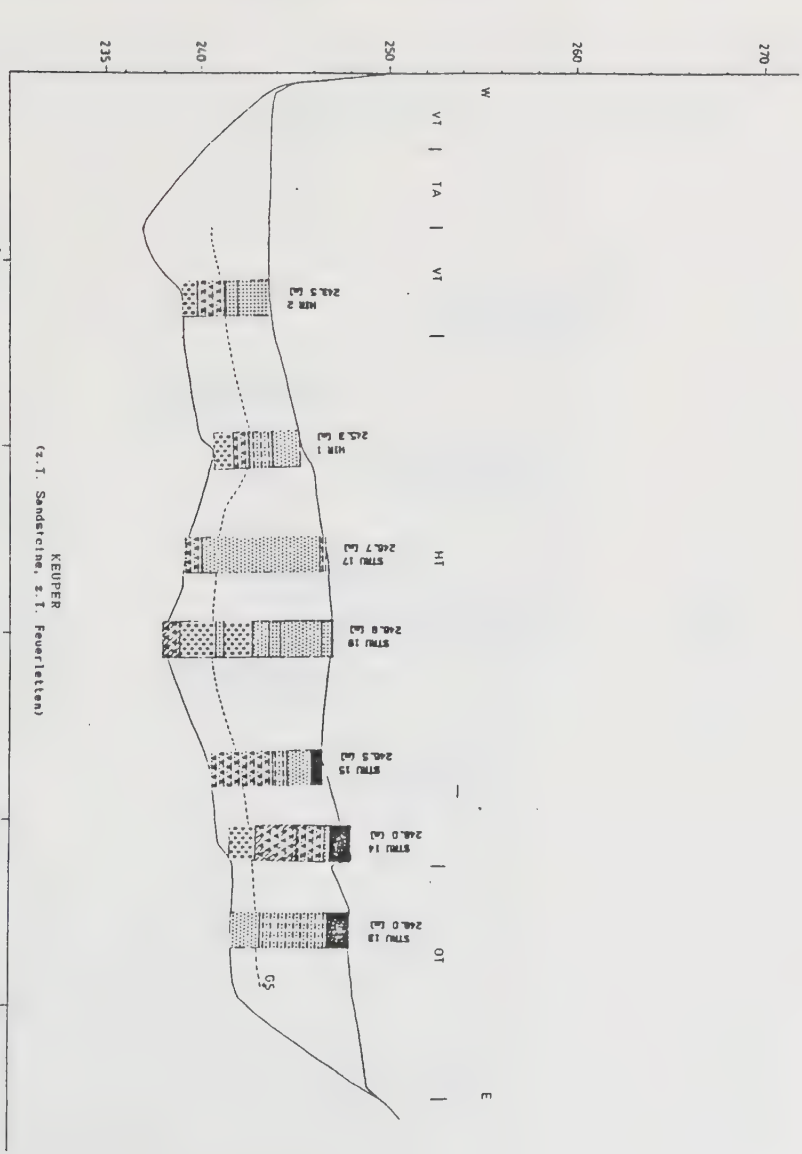
Profile durch das Regnitztal: Profil 1b



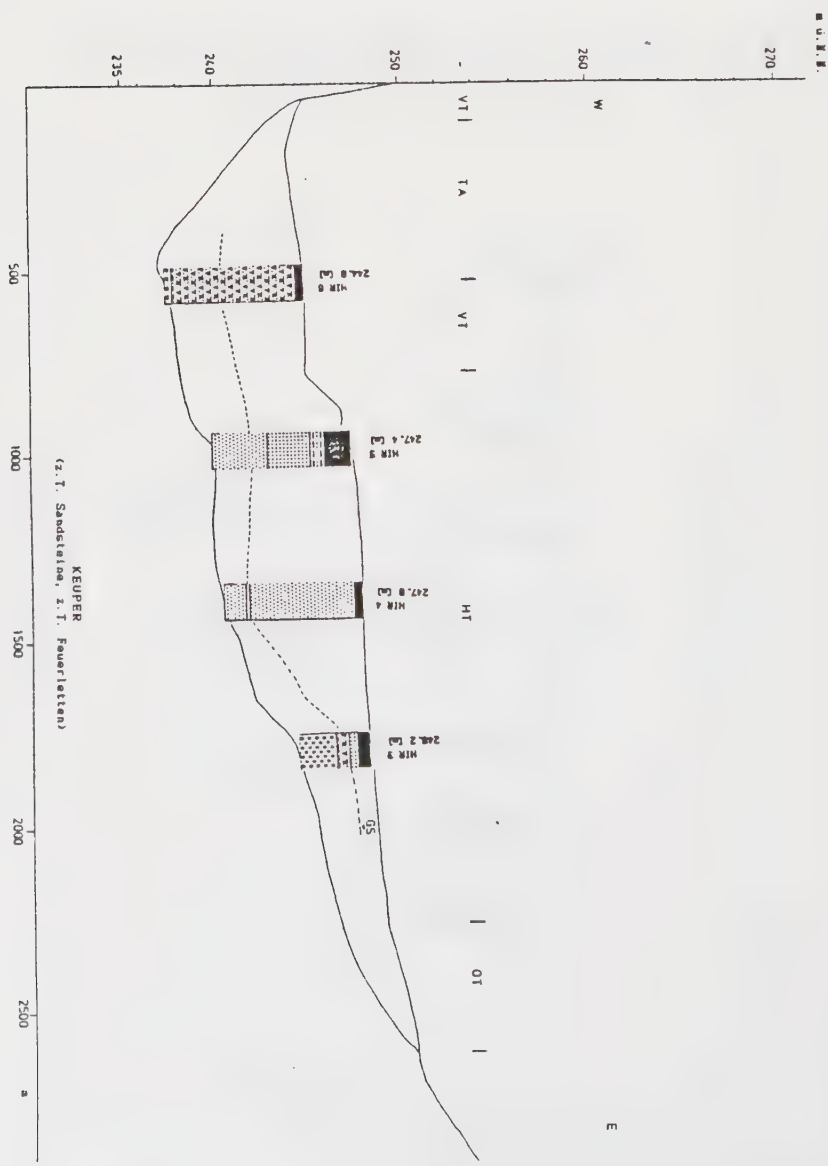
Profile durch das Regnitztal: Profil 2



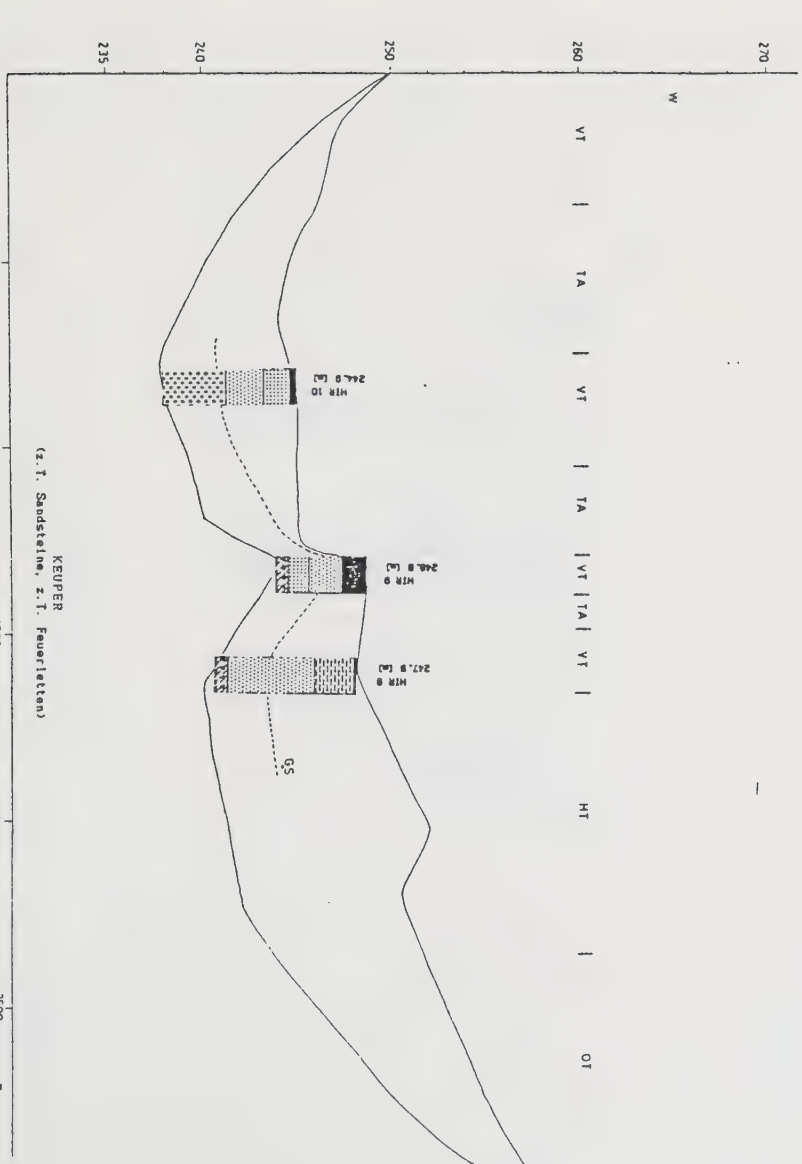
Profile durch das Regnitztal: Profil 3



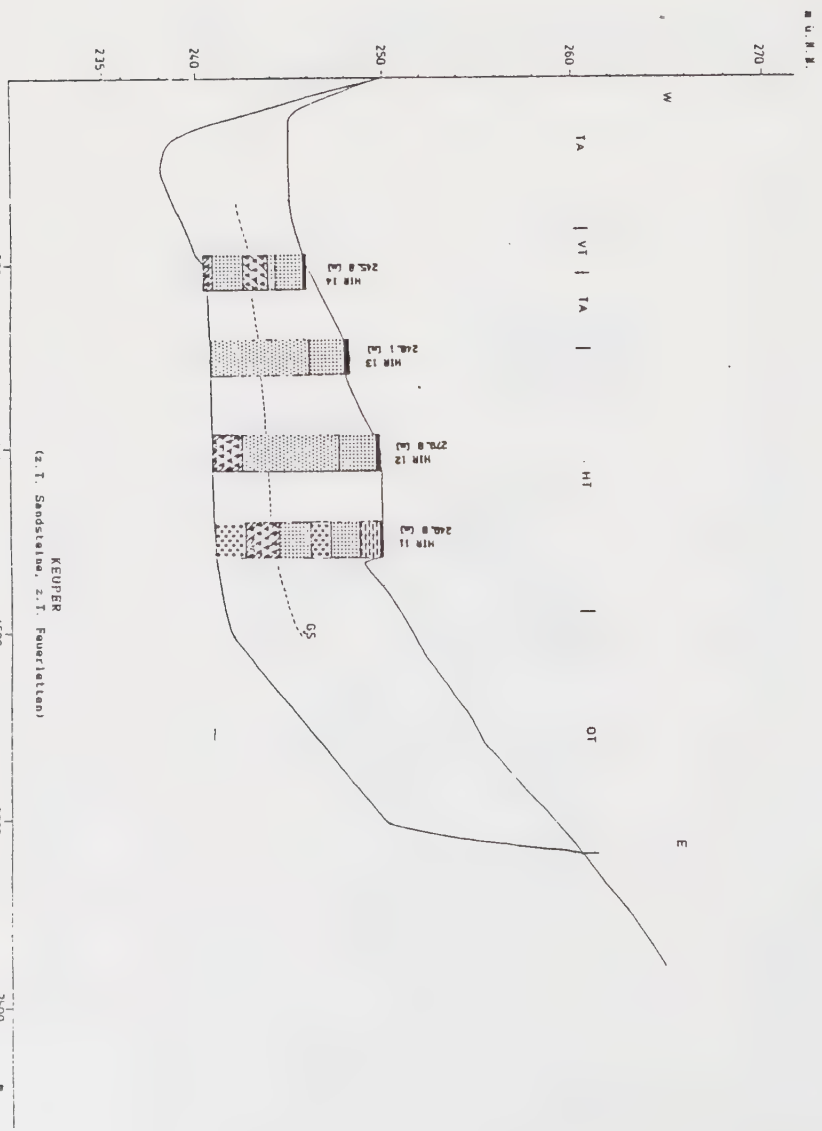
Profile durch das Regnitztal: Profil 4



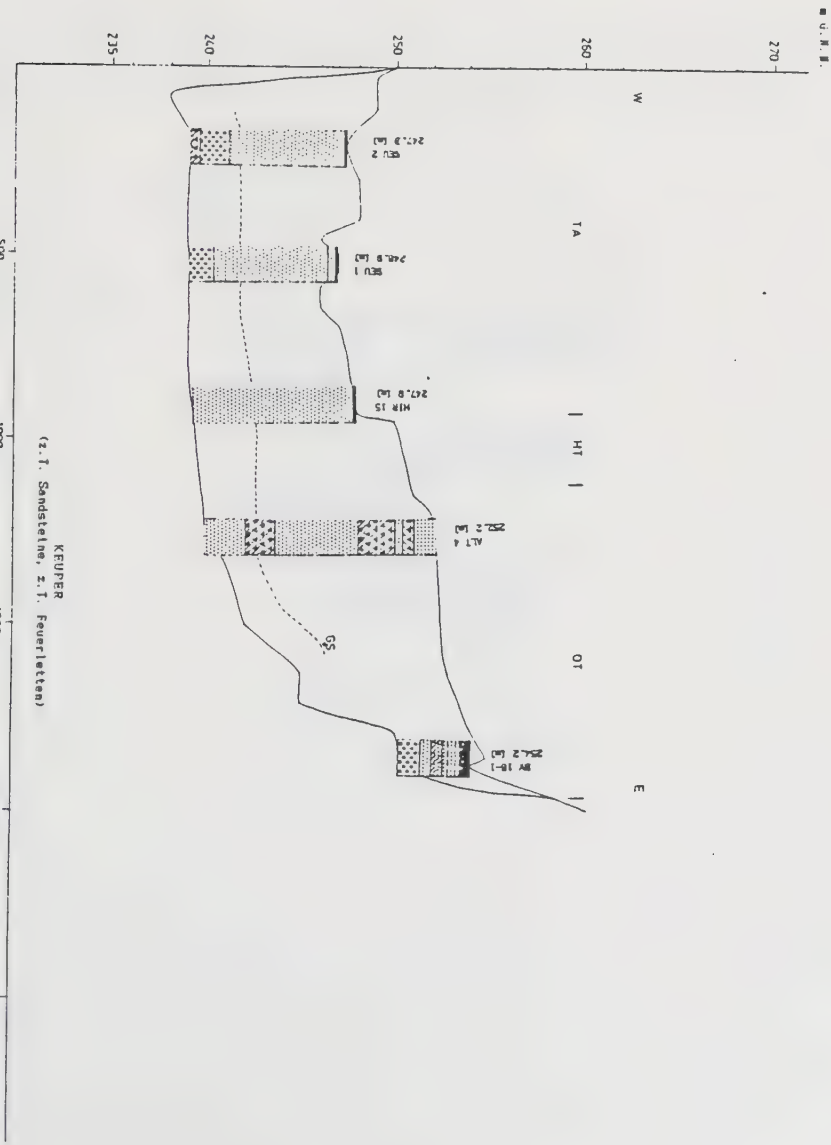
Profile durch das Regnitztal: Profil 5



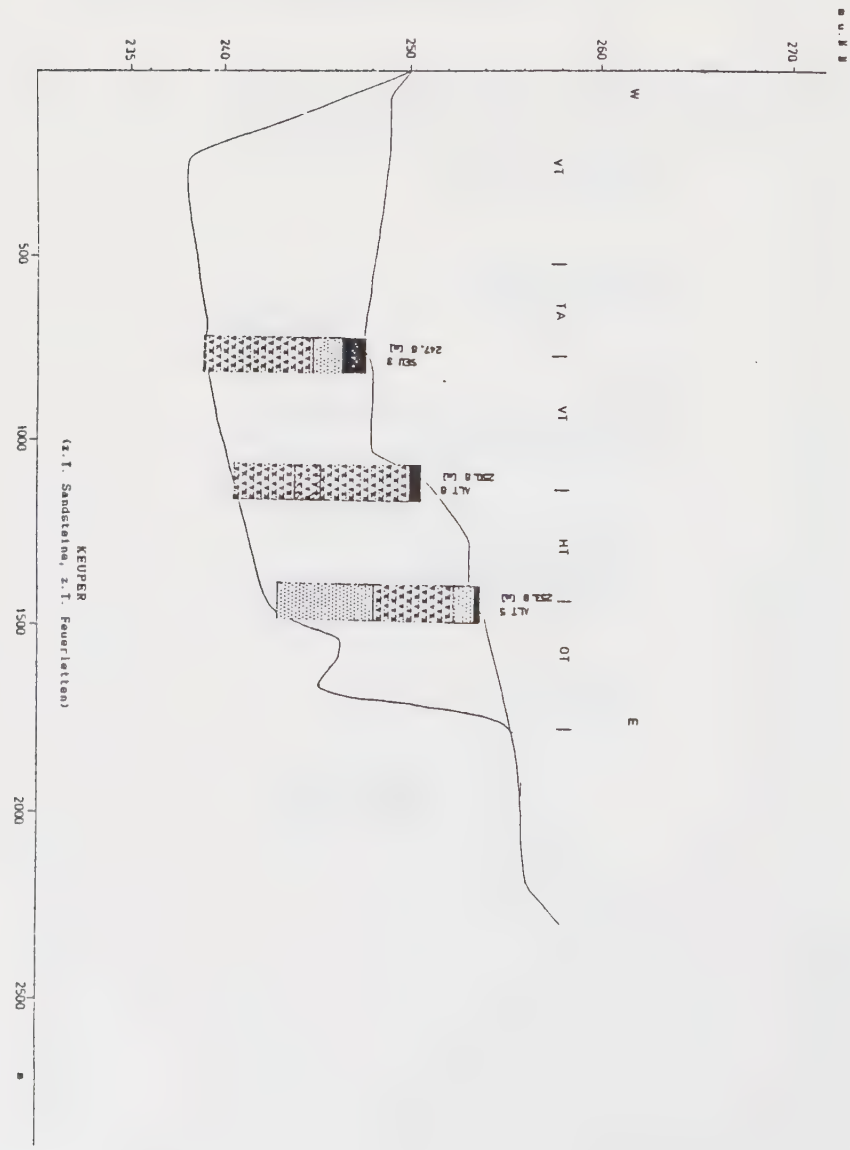
Profile durch das Regnitztal: Profil 6



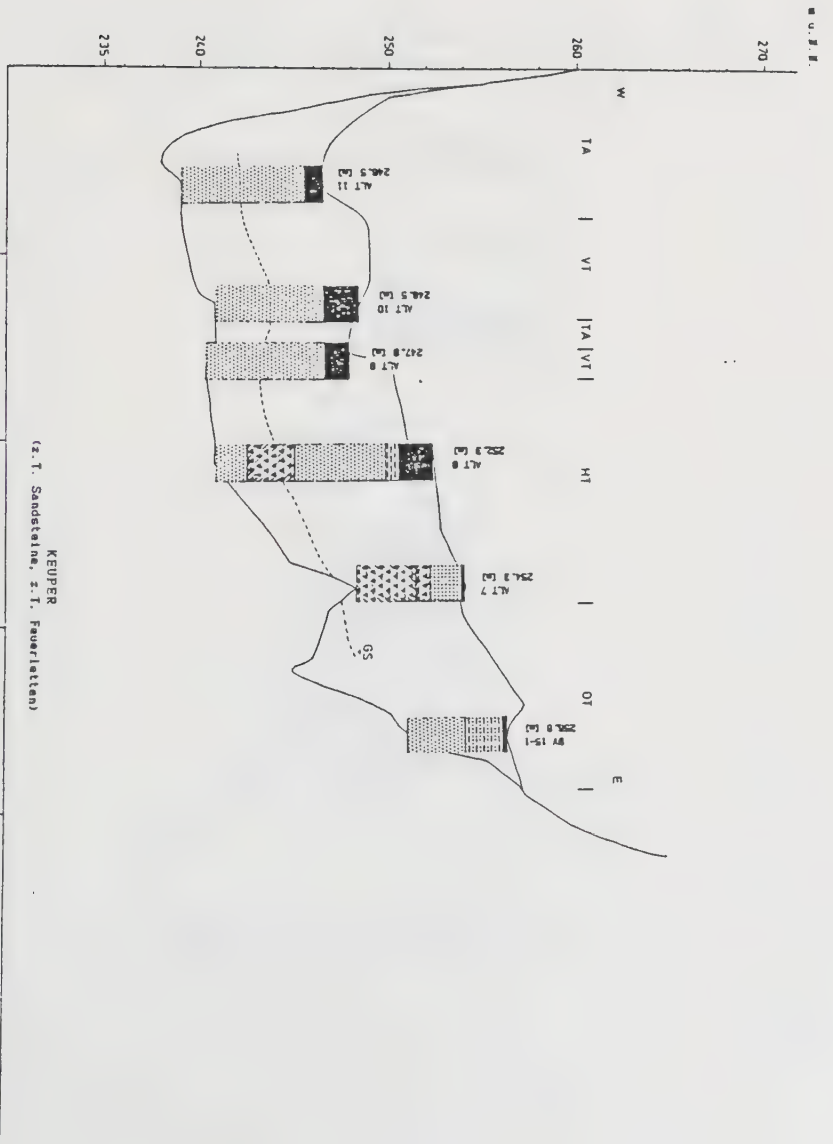
Profile durch das Regnitztal: Profil 7



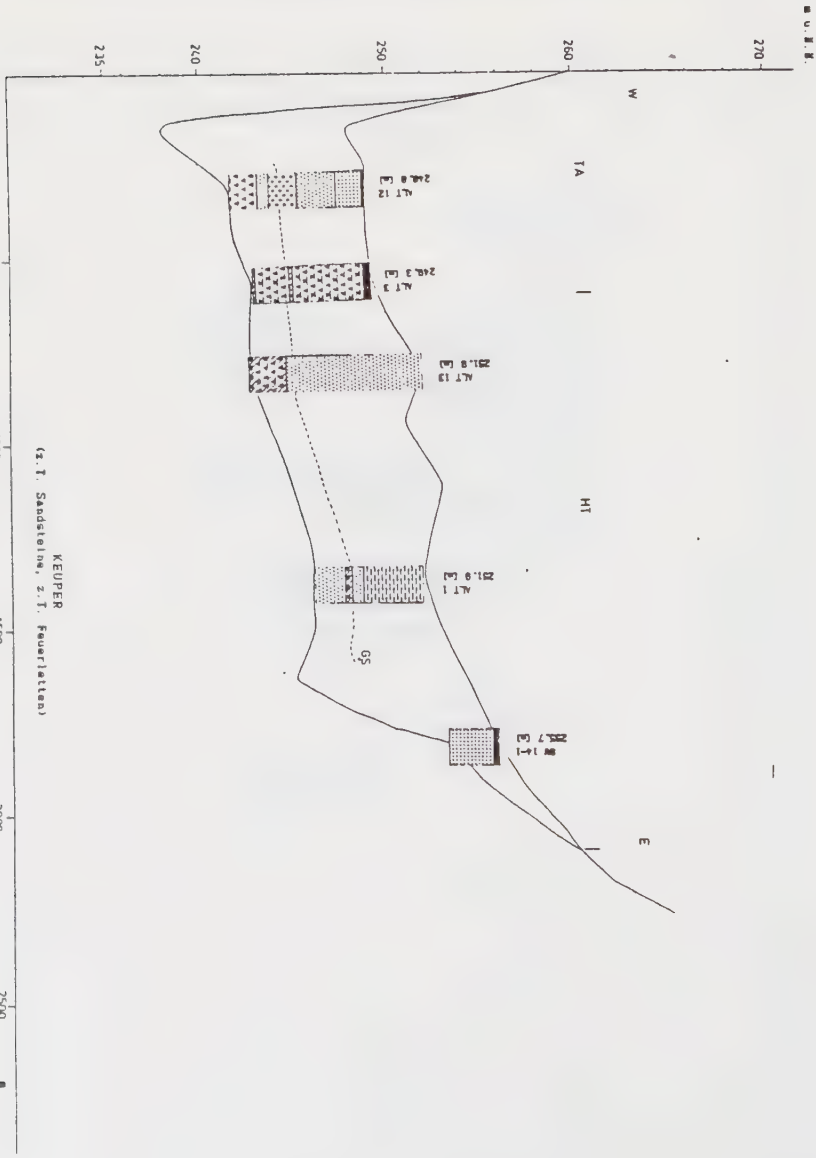
Profile durch das Regnitztal: Profil 8



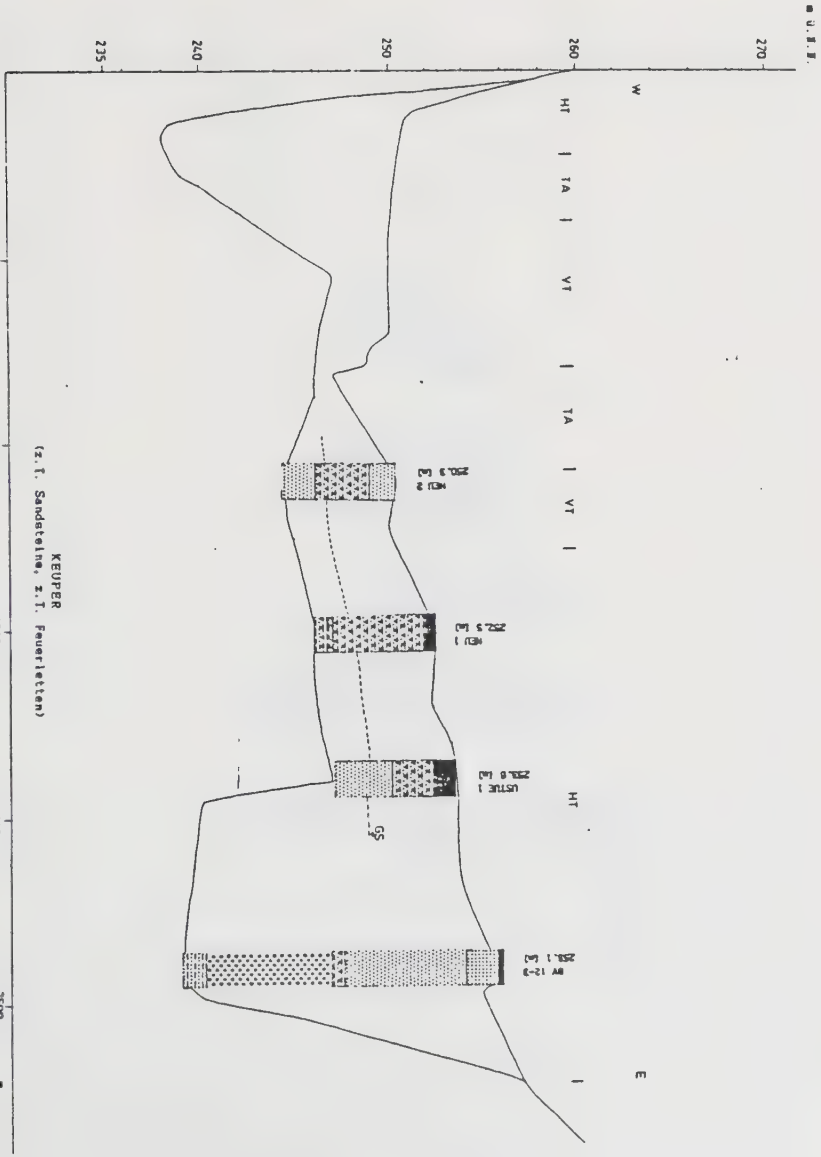
Profile durch das Regnitztal: Profil 9



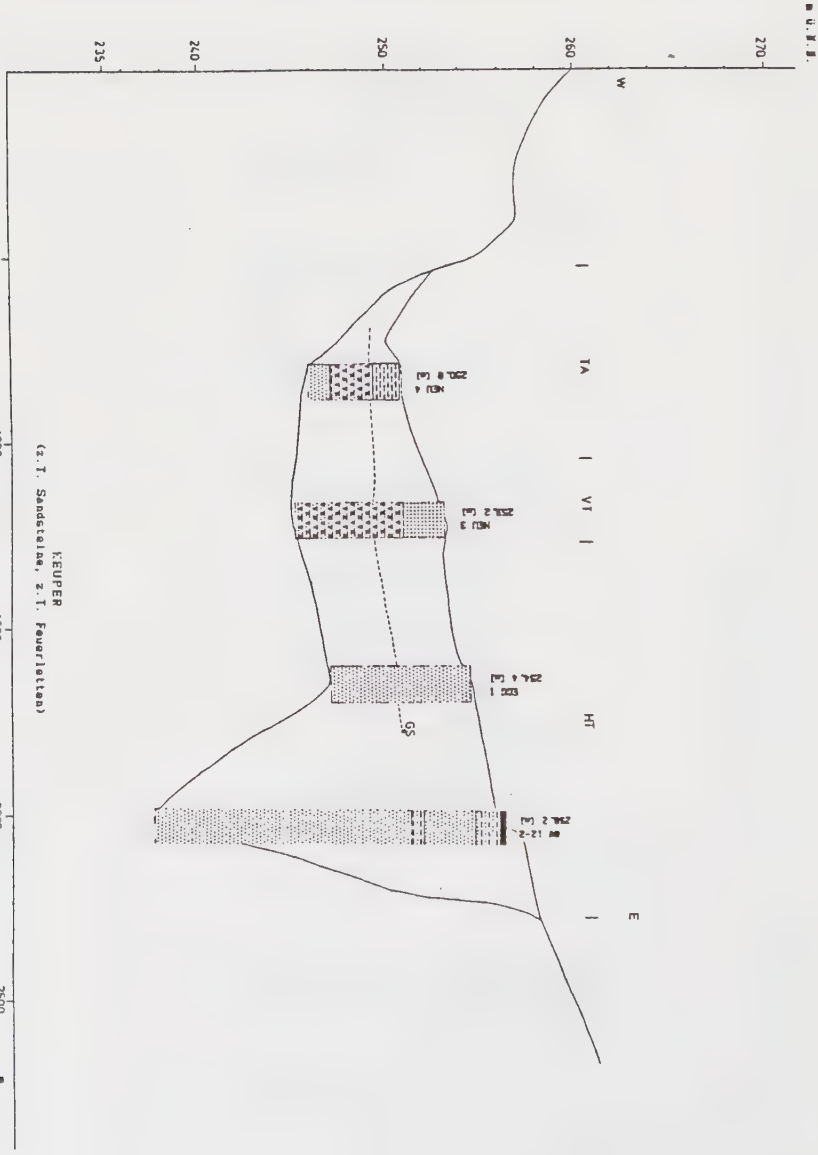
Profile durch das Regnitztal: Profil 10



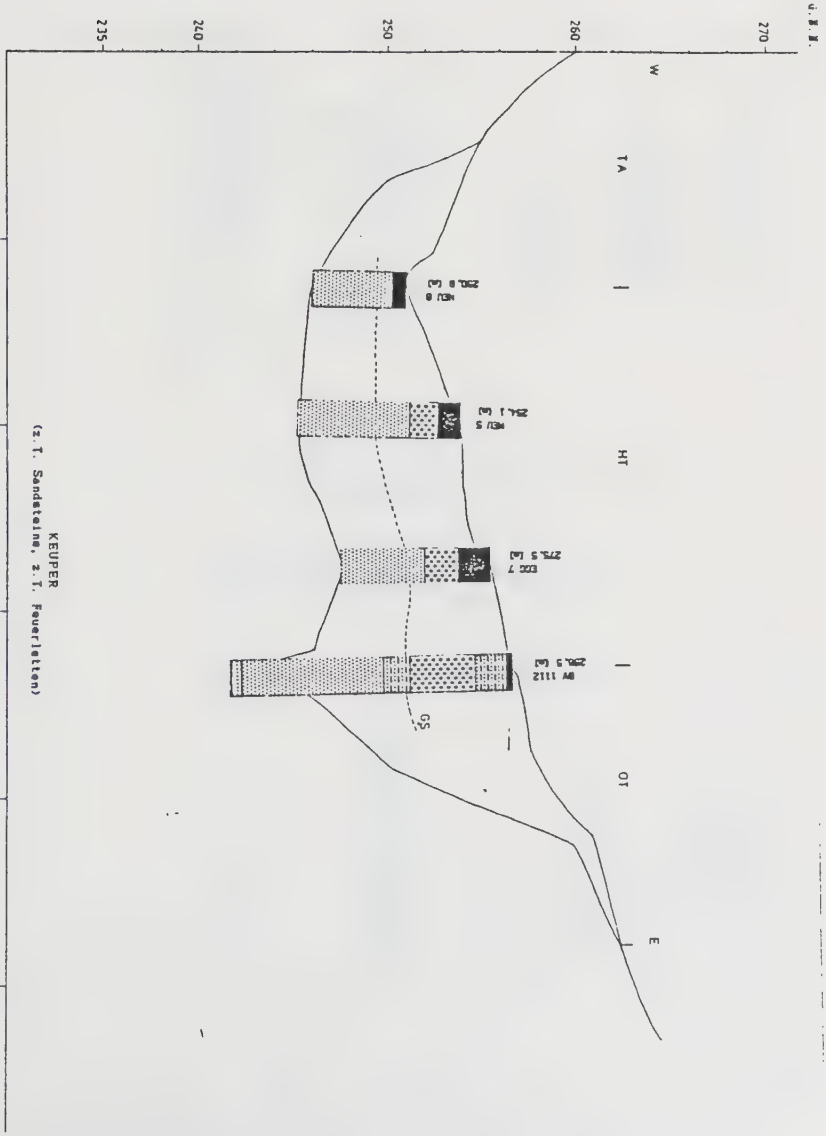
Profile durch das Regnitztal: Profil 11



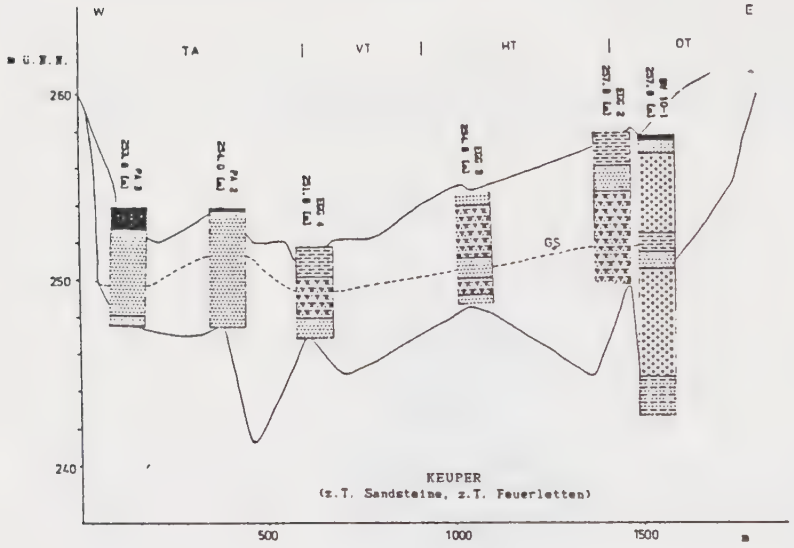
Profile durch das Regnitztal: Profil 12



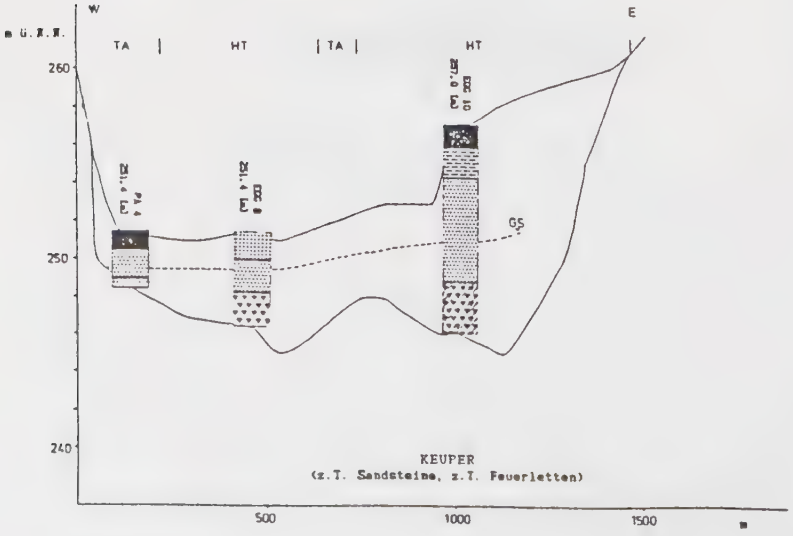
Profile durch das Regnitztal: Profil 13



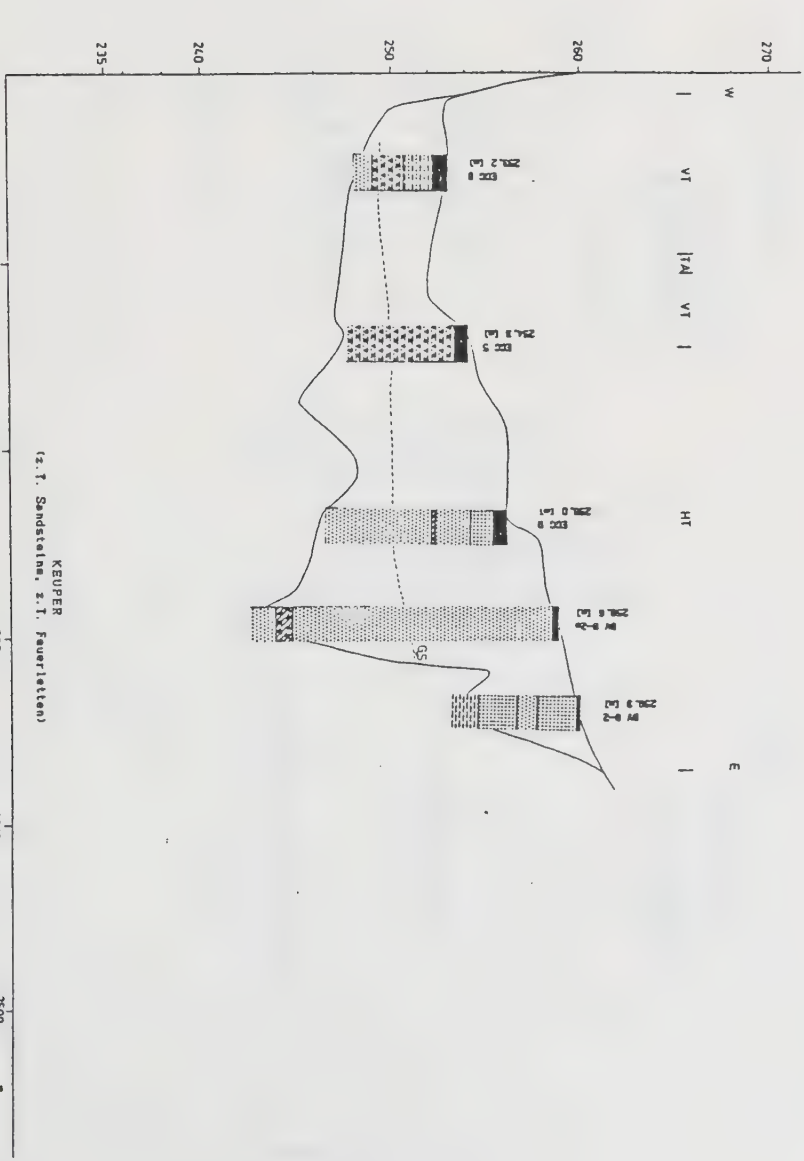
Profile durch das Regnitztal: Profil 14



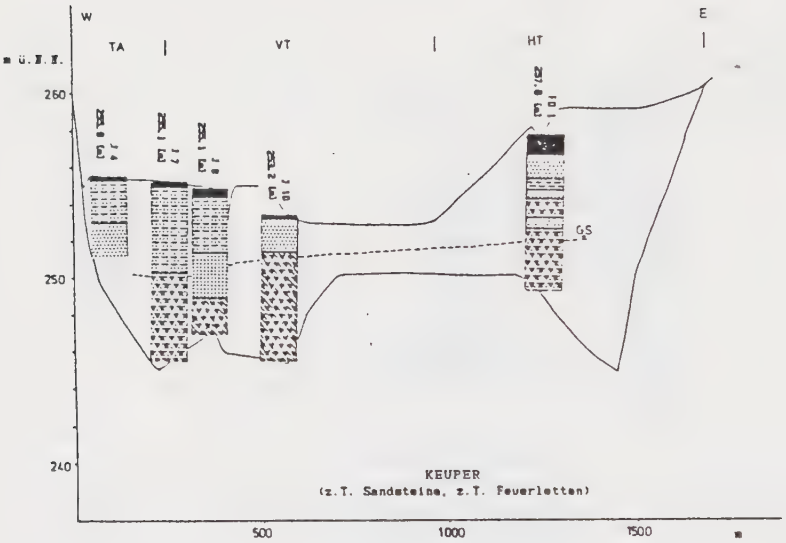
Profile durch das Regnitztal: Profil 15



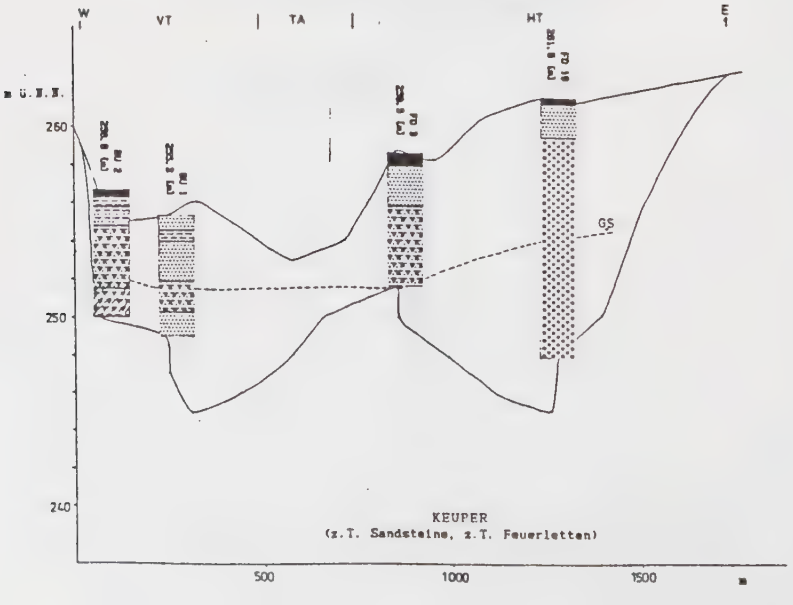
Profile durch das Regnitztal: Profil 16



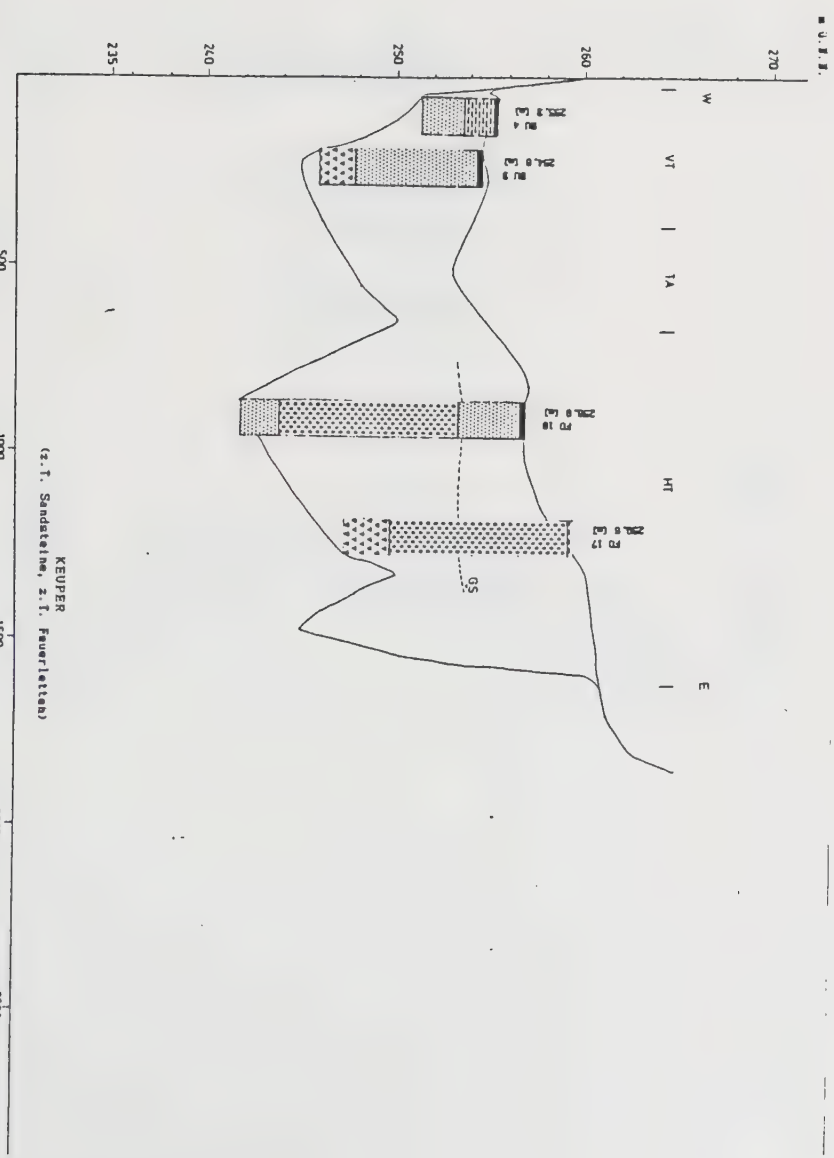
Profile durch das Regnitztal: Profil 17



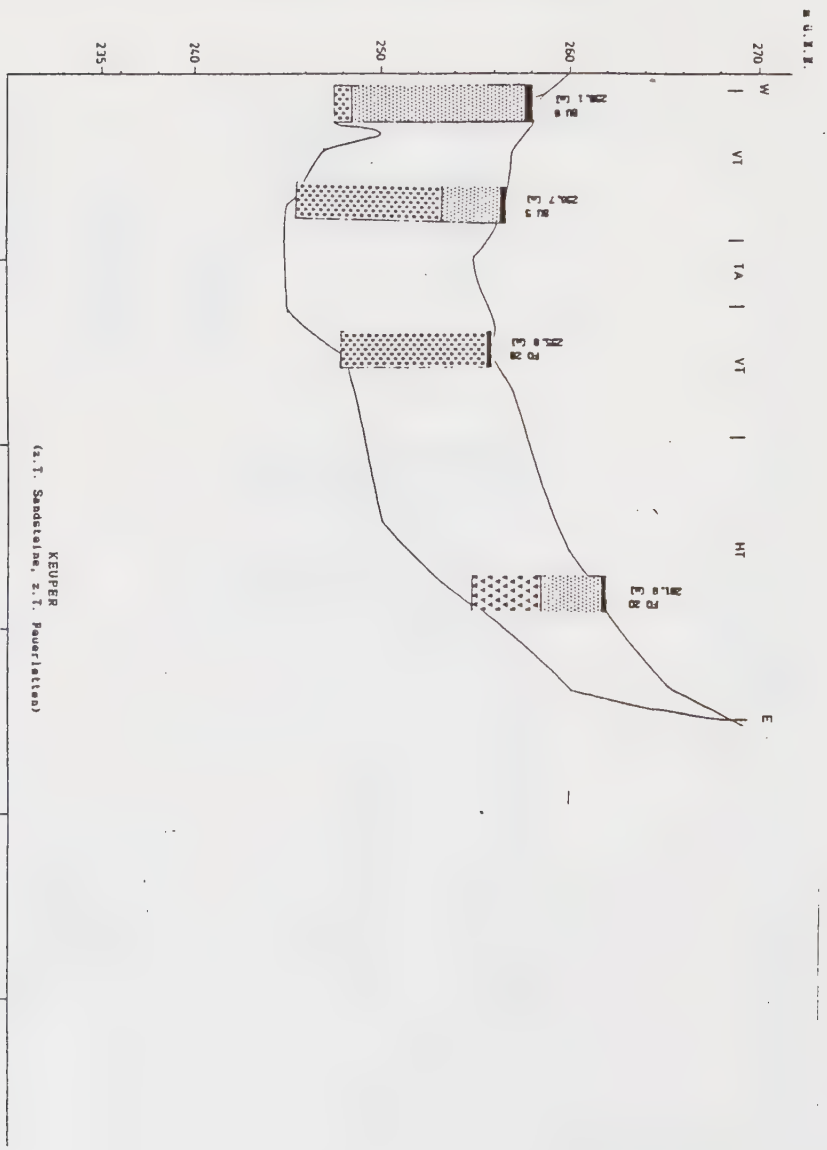
Profile durch das Regnitztal: Profil 19



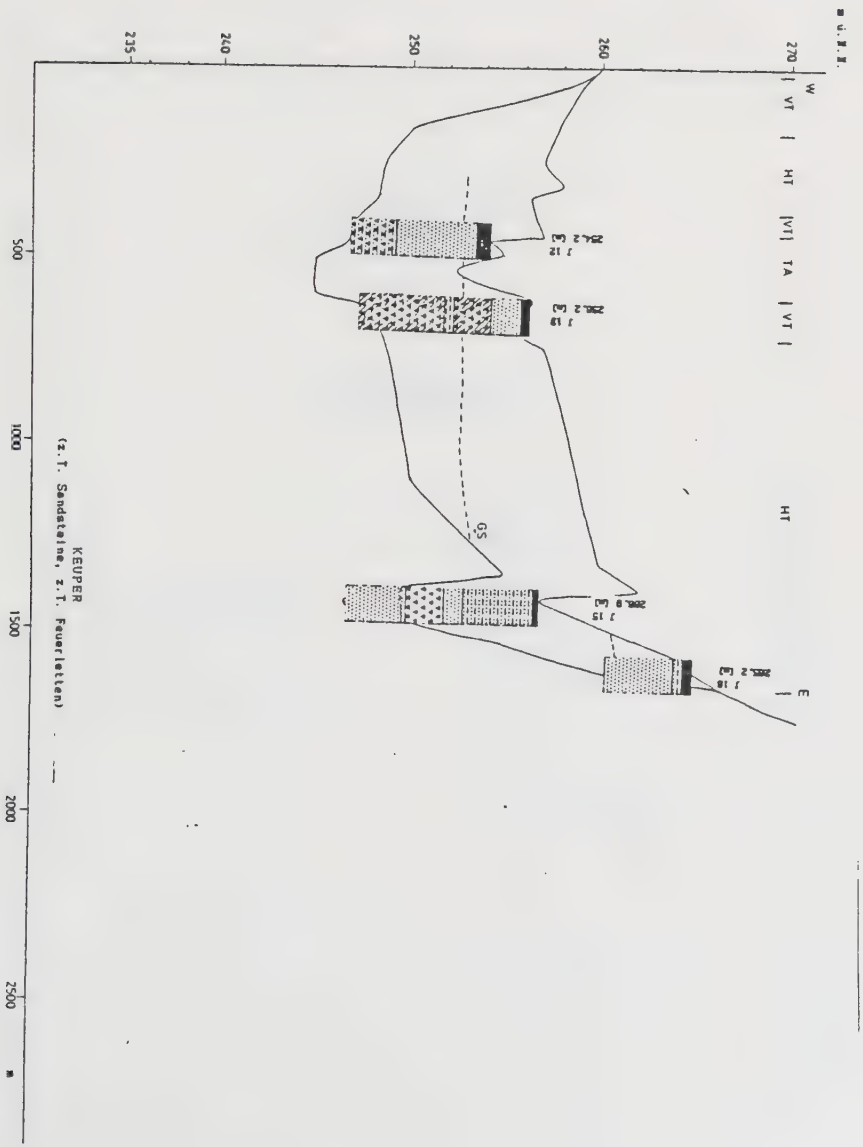
Profile durch das Regnitztal: Profil 18



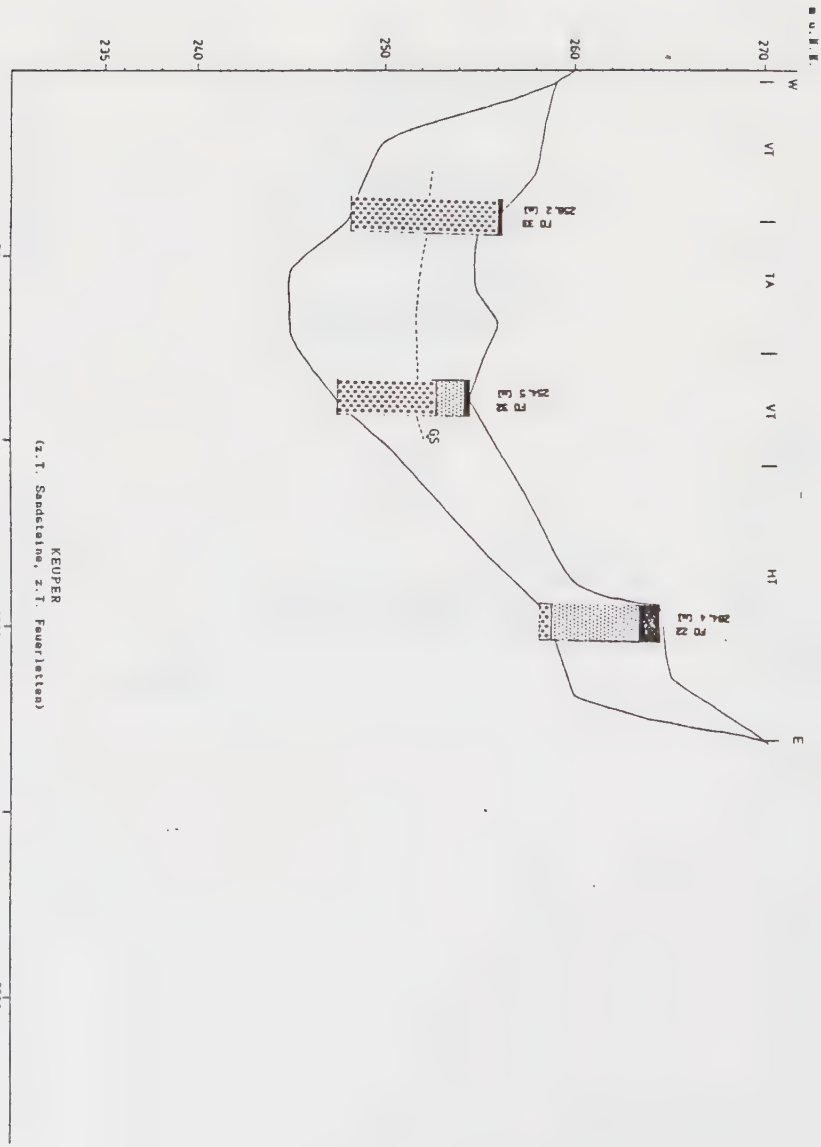
Profile durch das Regnitztal: Profil 20



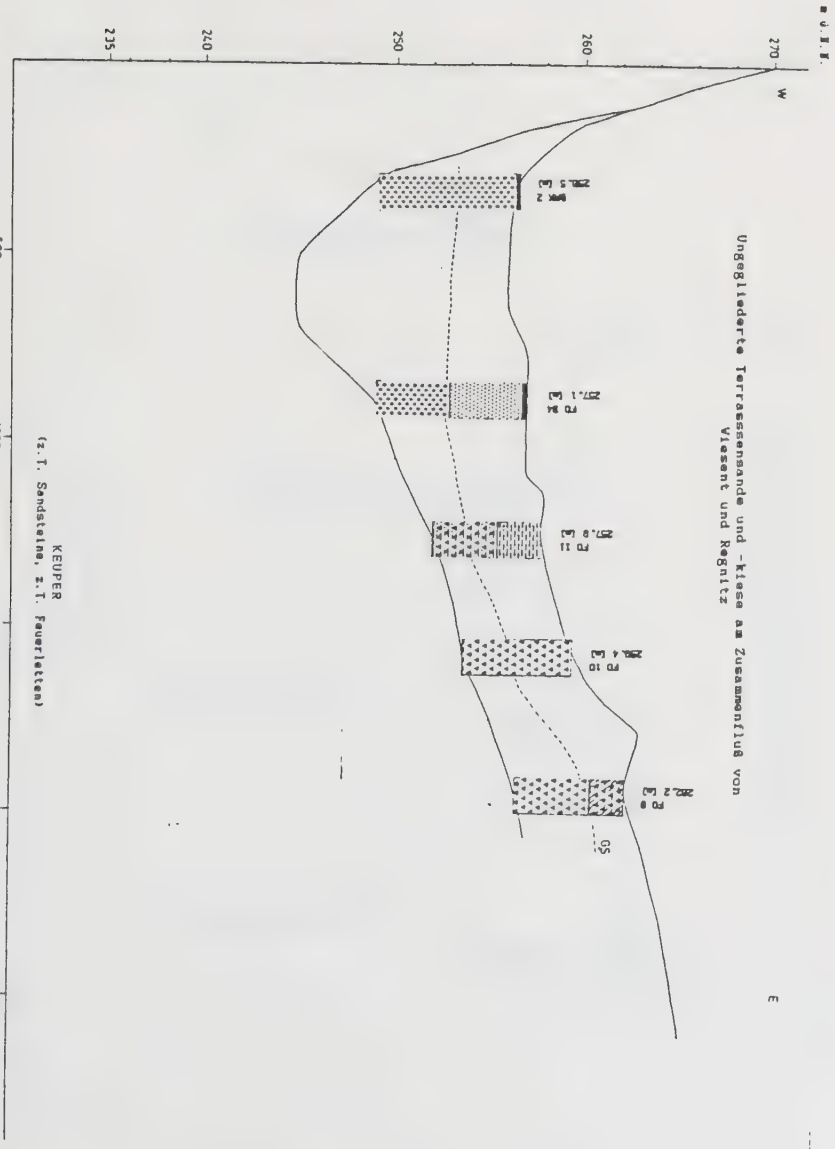
Profile durch das Regnitztal: Profil 21



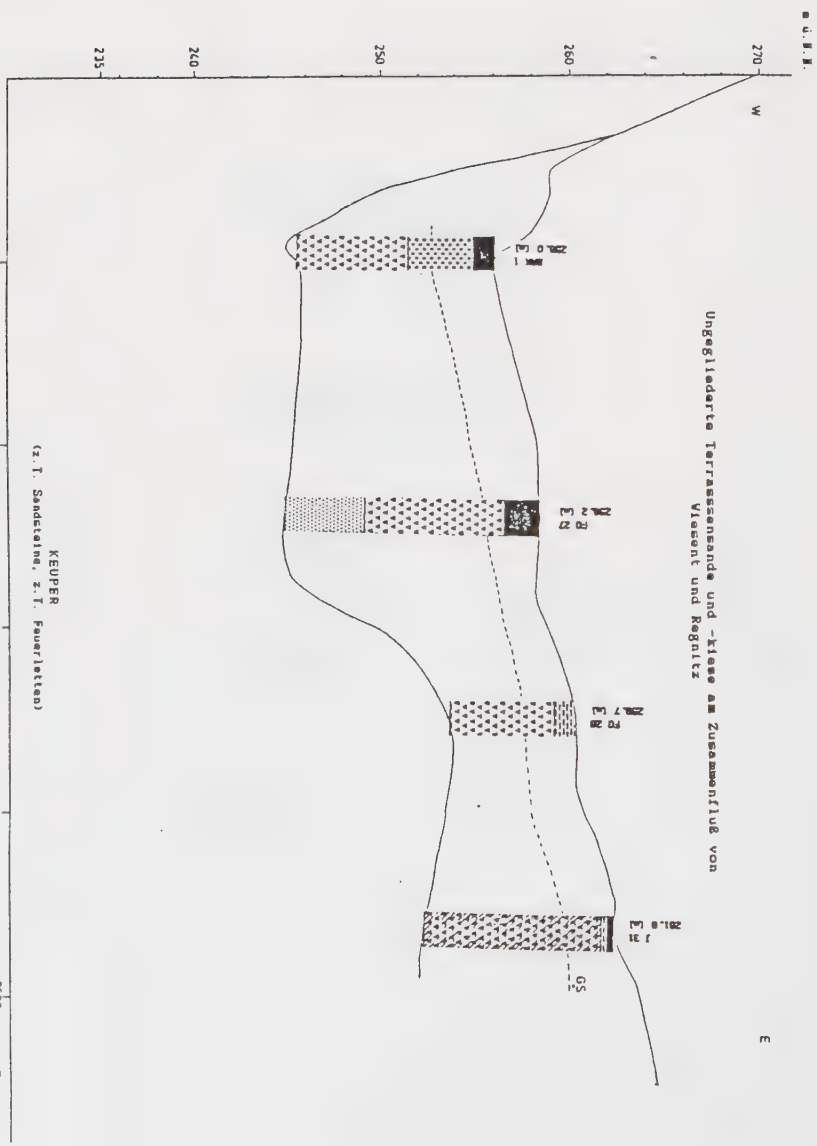
Profile durch das Regnitztal: Profil 22



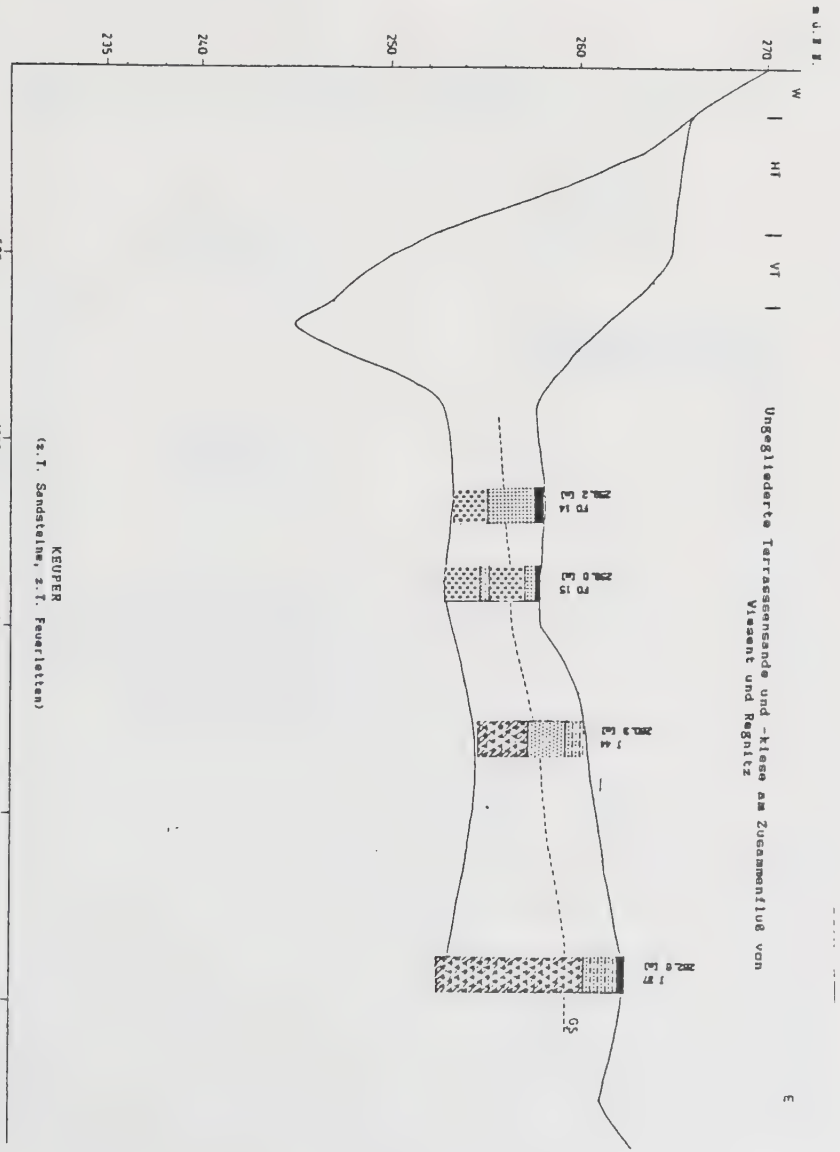
Profile durch das Regnitztal: Profil 23



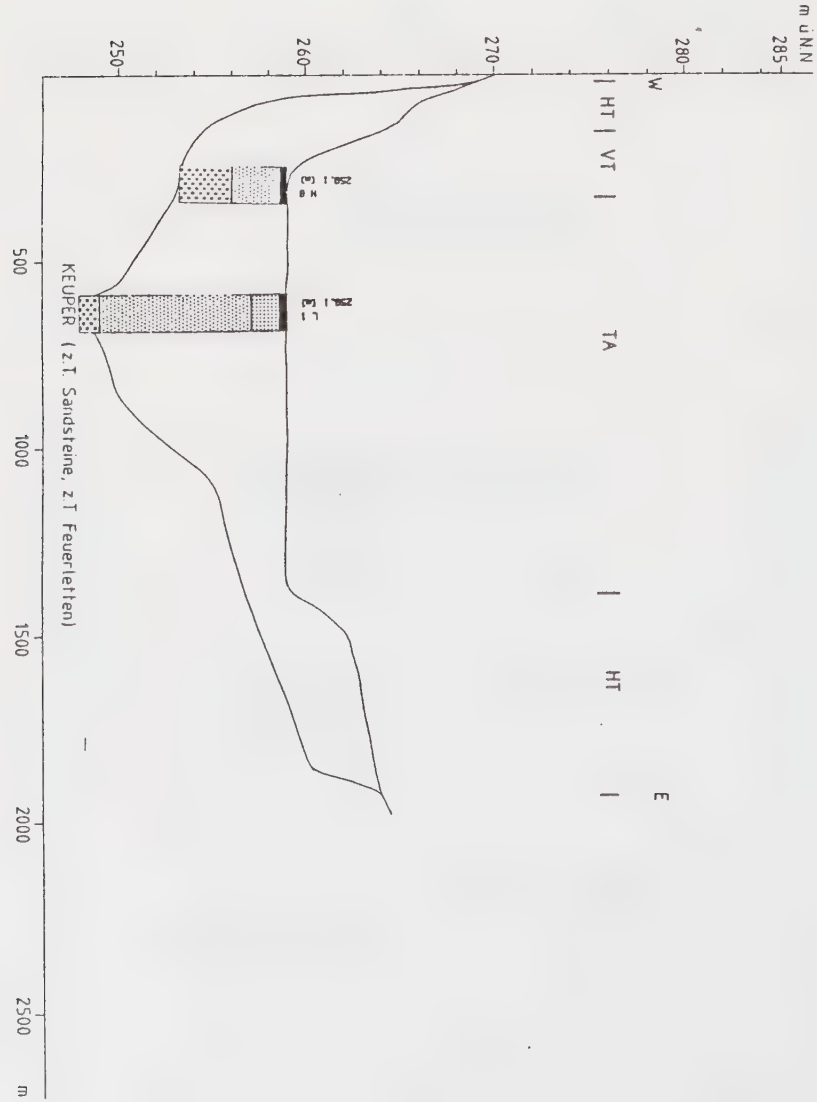
Profile durch das Regnitztal: Profil 24



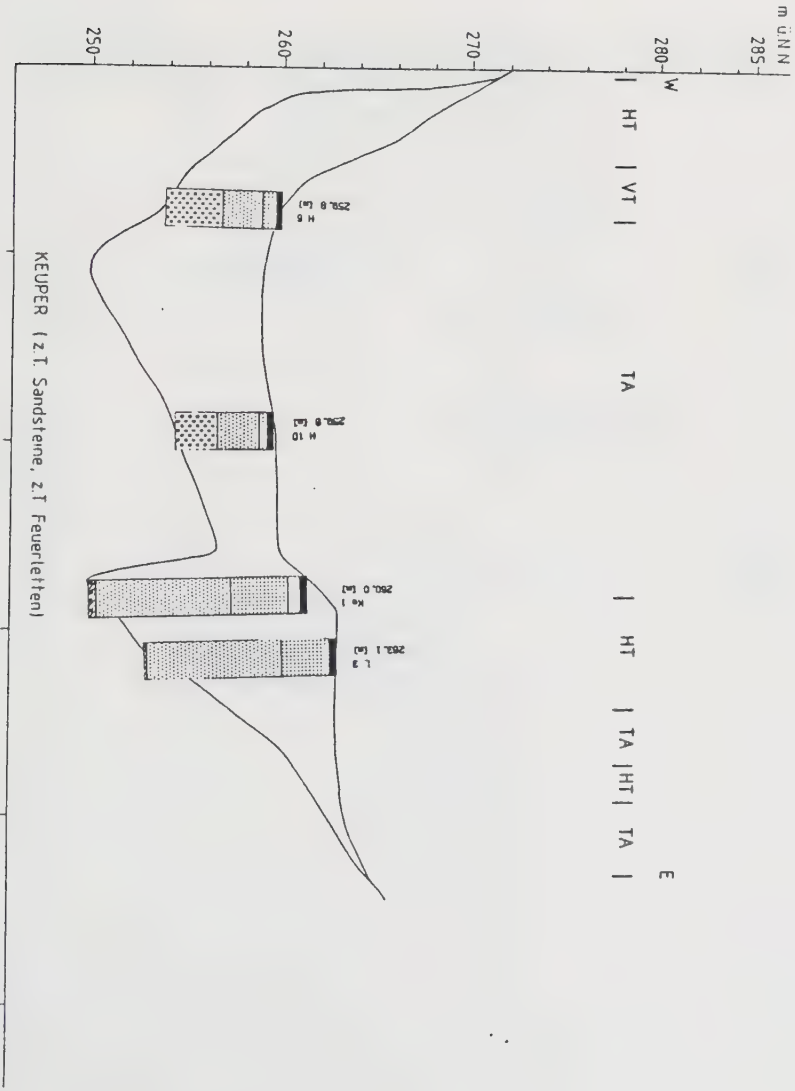
Profile durch das Regnitztal: Profil 25



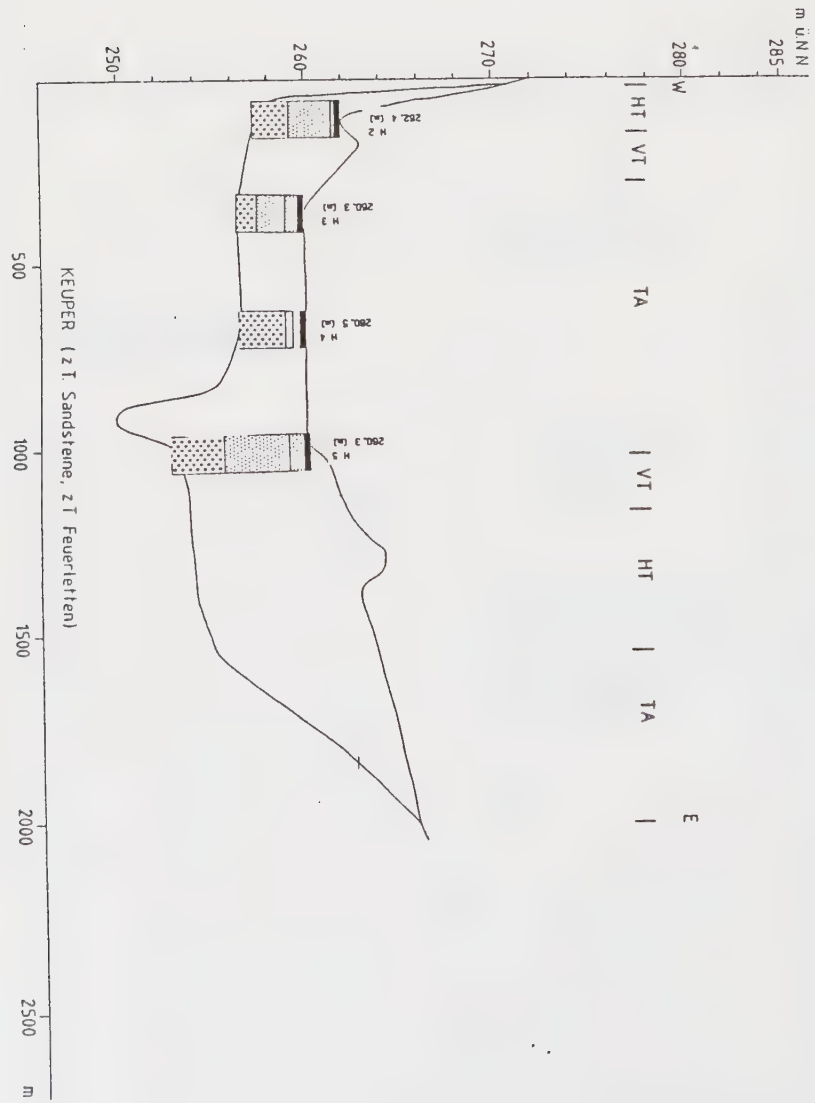
Profile durch das Regnitztal: Profil 26



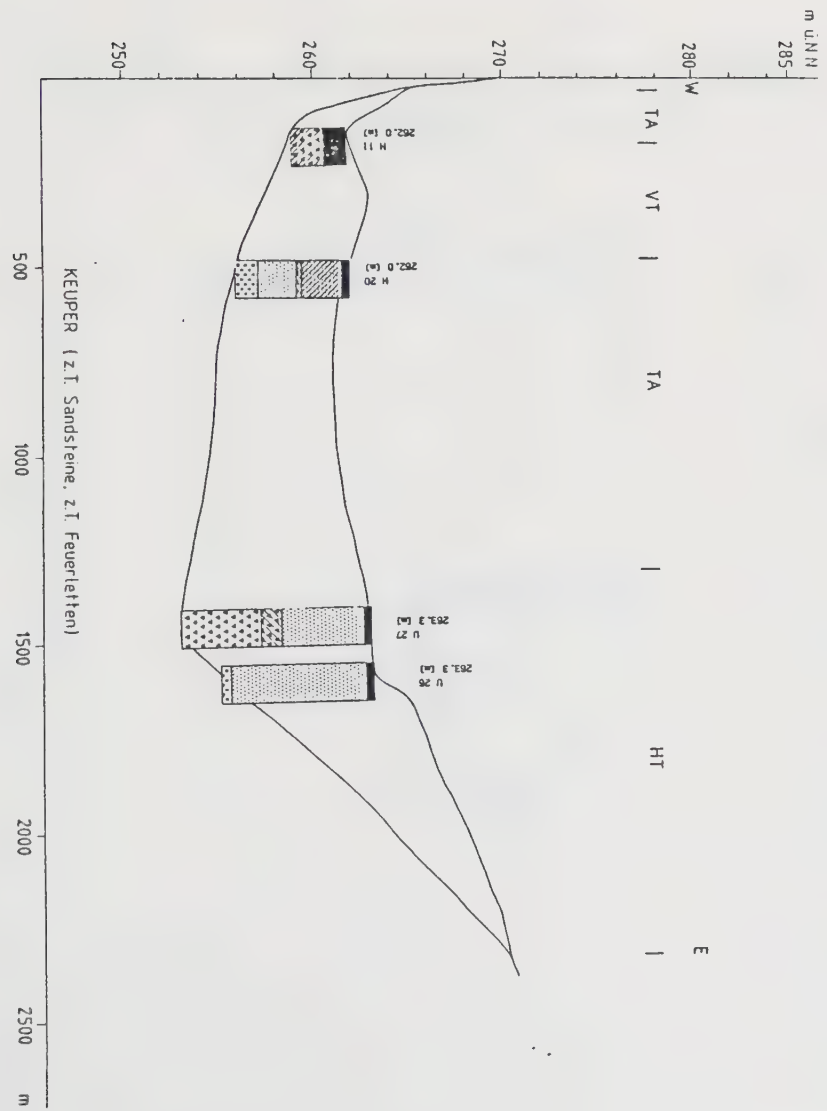
Profile durch das Regnitztal: Profil 27



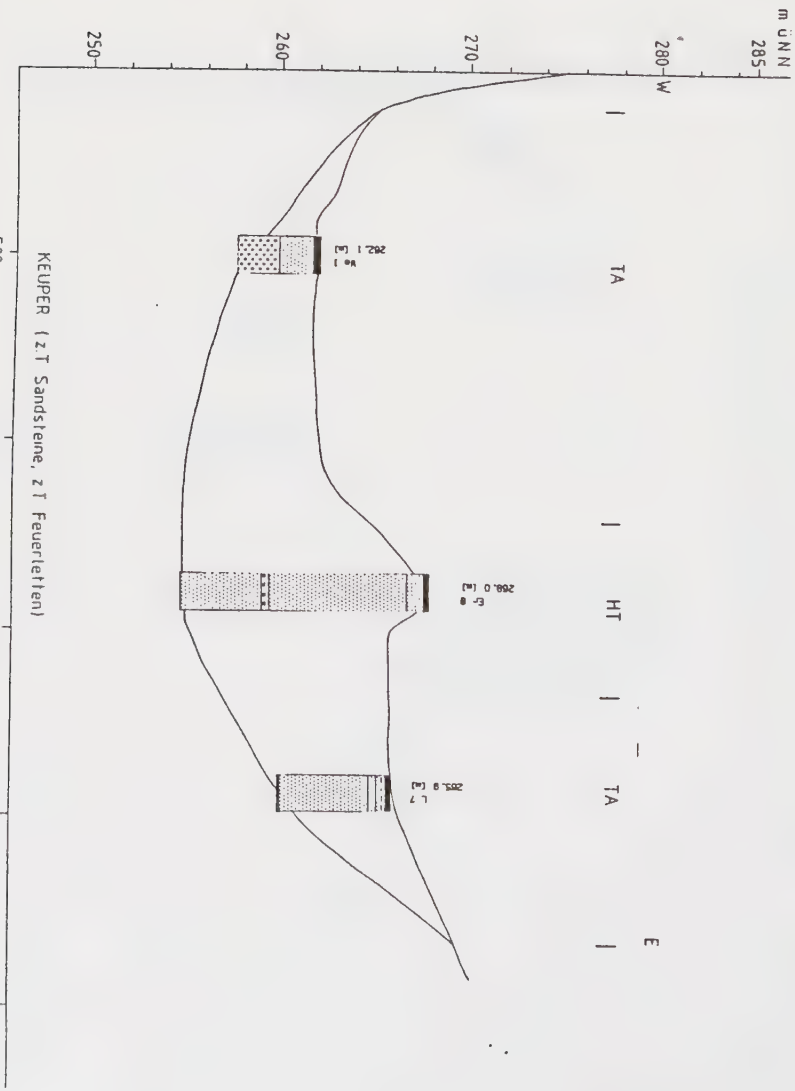
Profile durch das Regnitztal: Profil 28



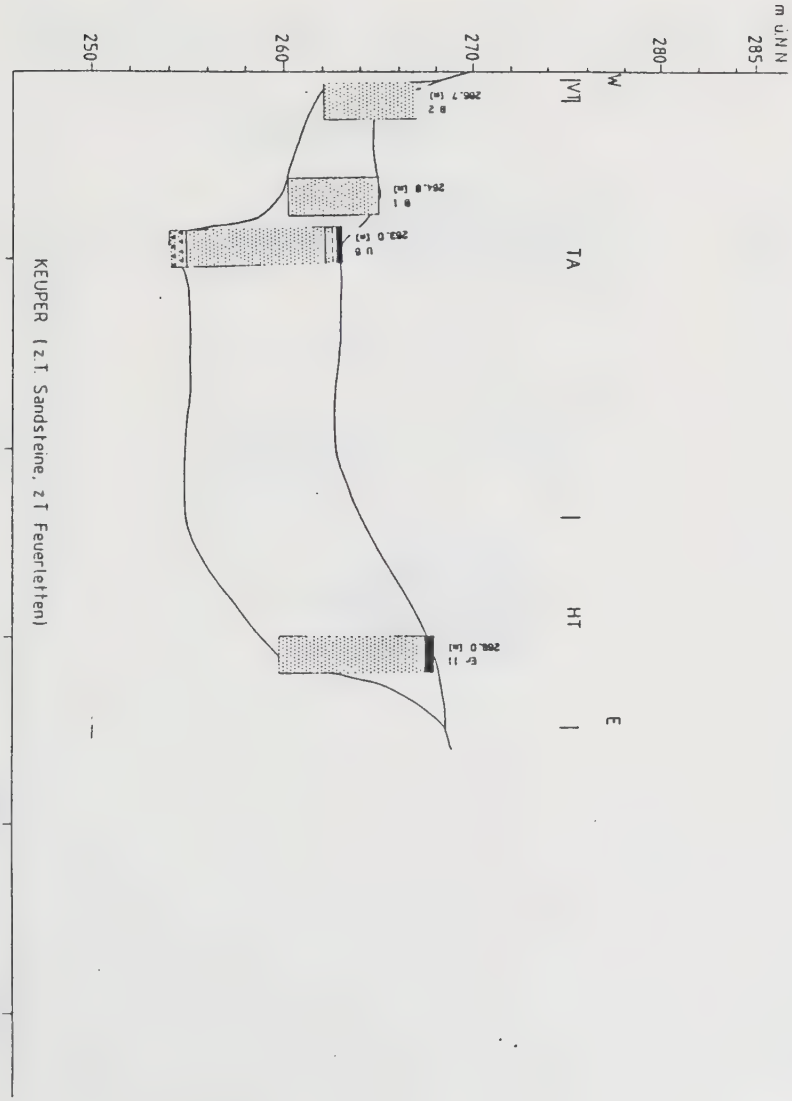
Profile durch das Regnitztal: Profil 29



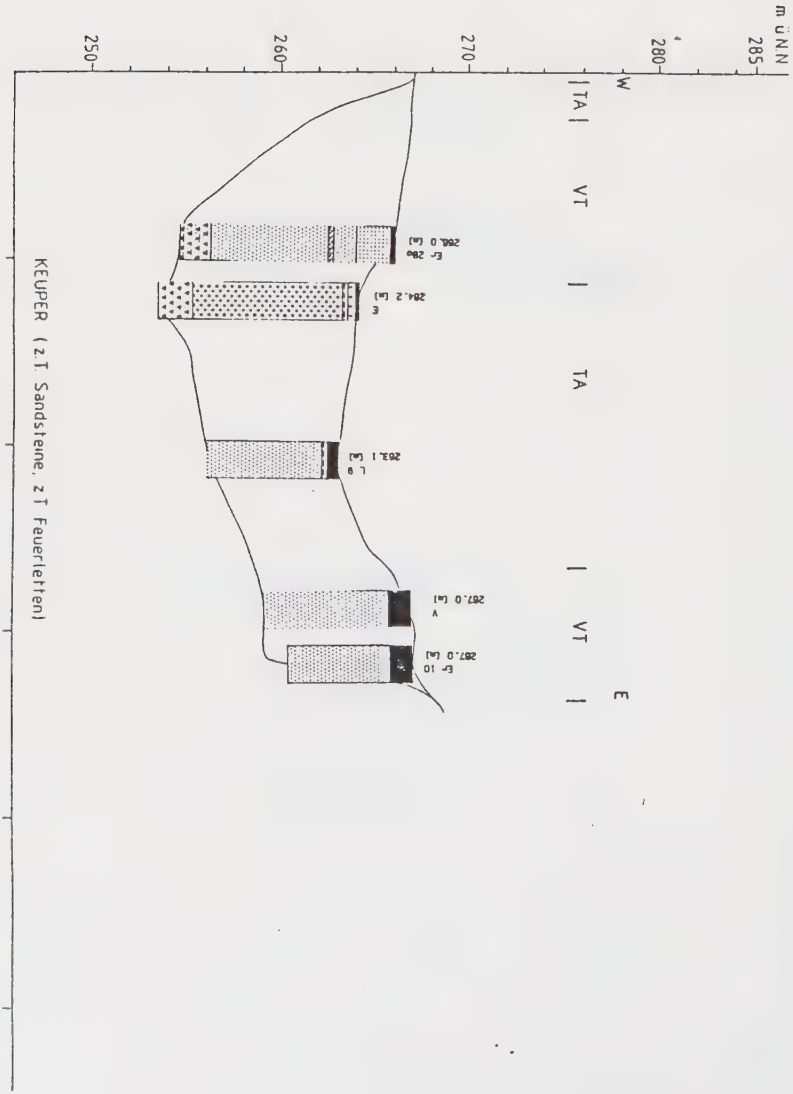
Profile durch das Regnitztal: Profil 30



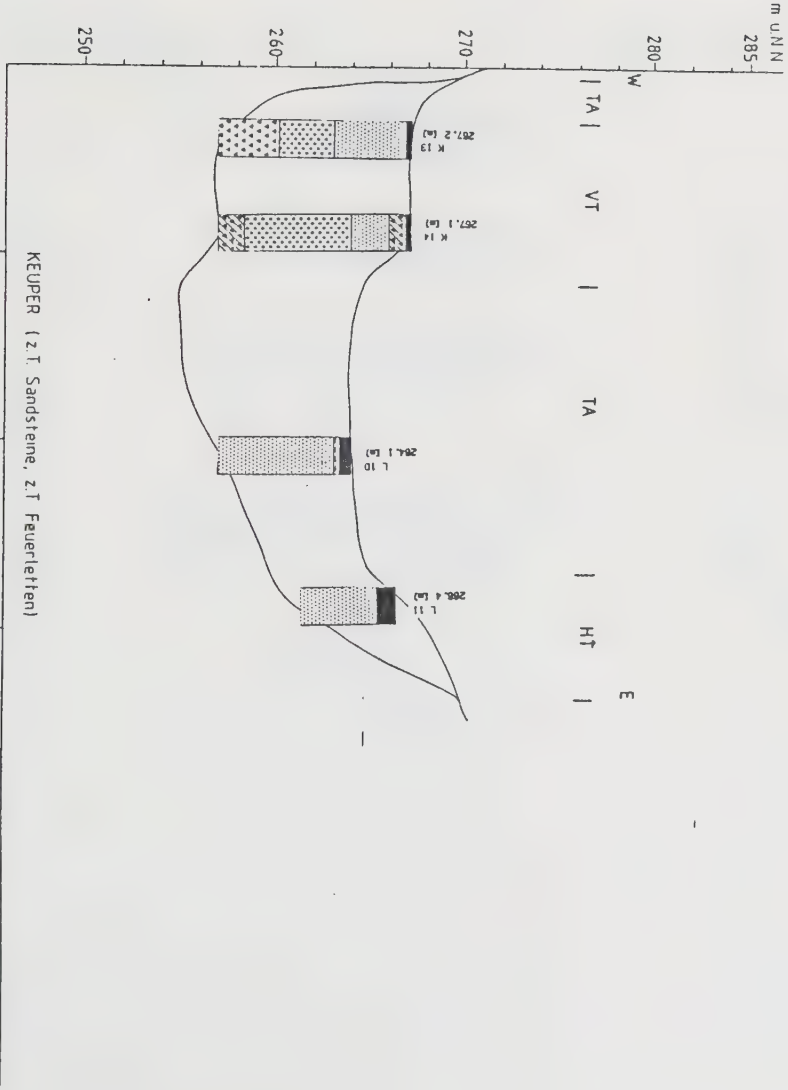
Profile durch das Regnitztal: Profil 31



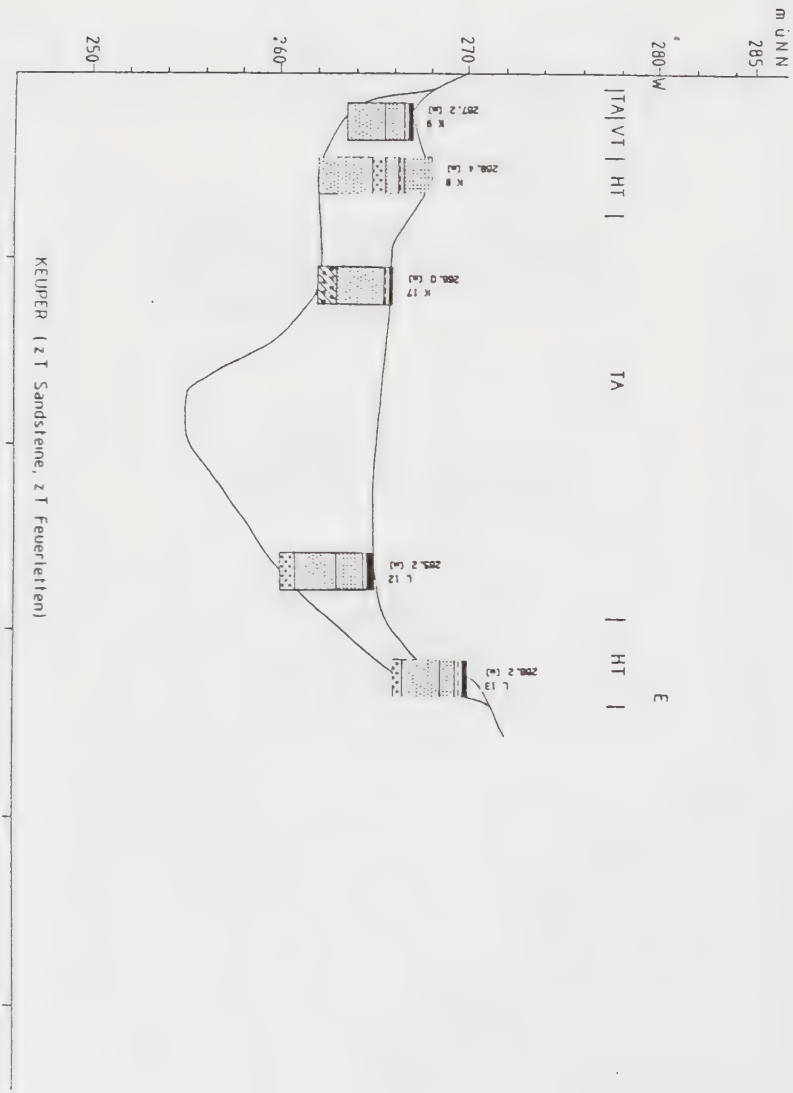
Profile durch das Regnitztal: Profil 32



Profile durch das Regnitztal: Profil 33

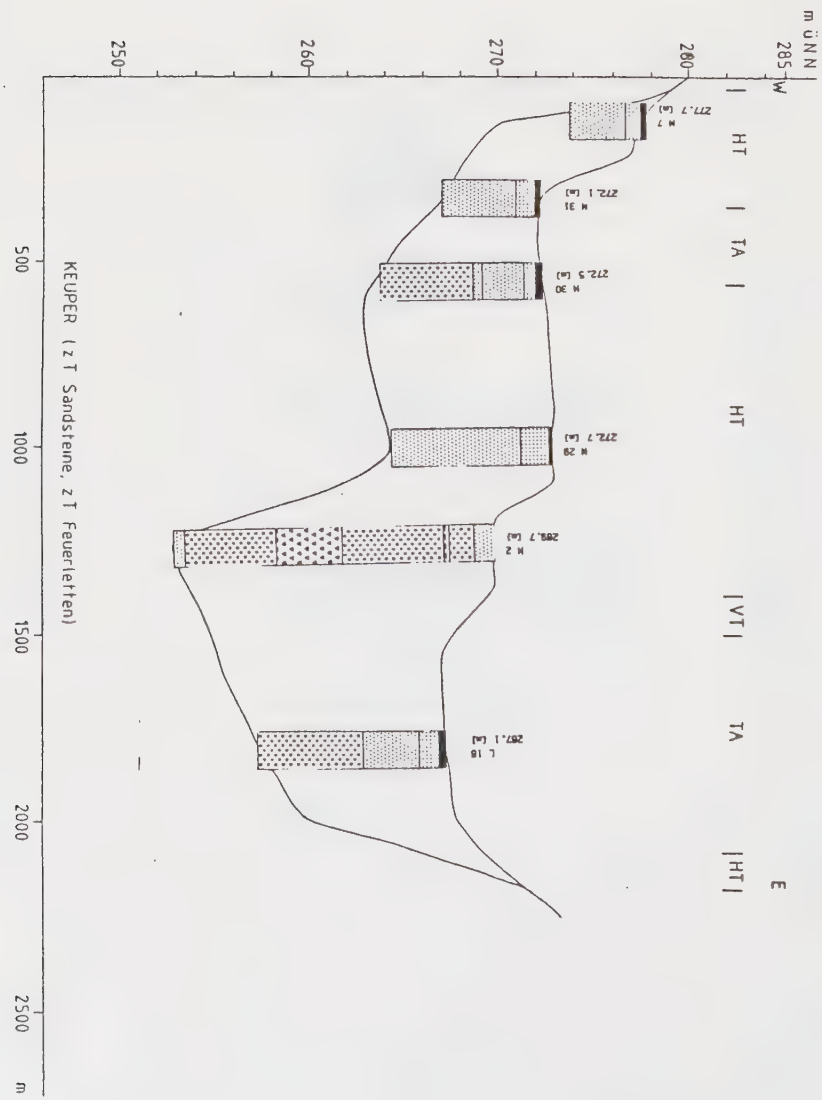


Profile durch das Regnitztal: Profil 34

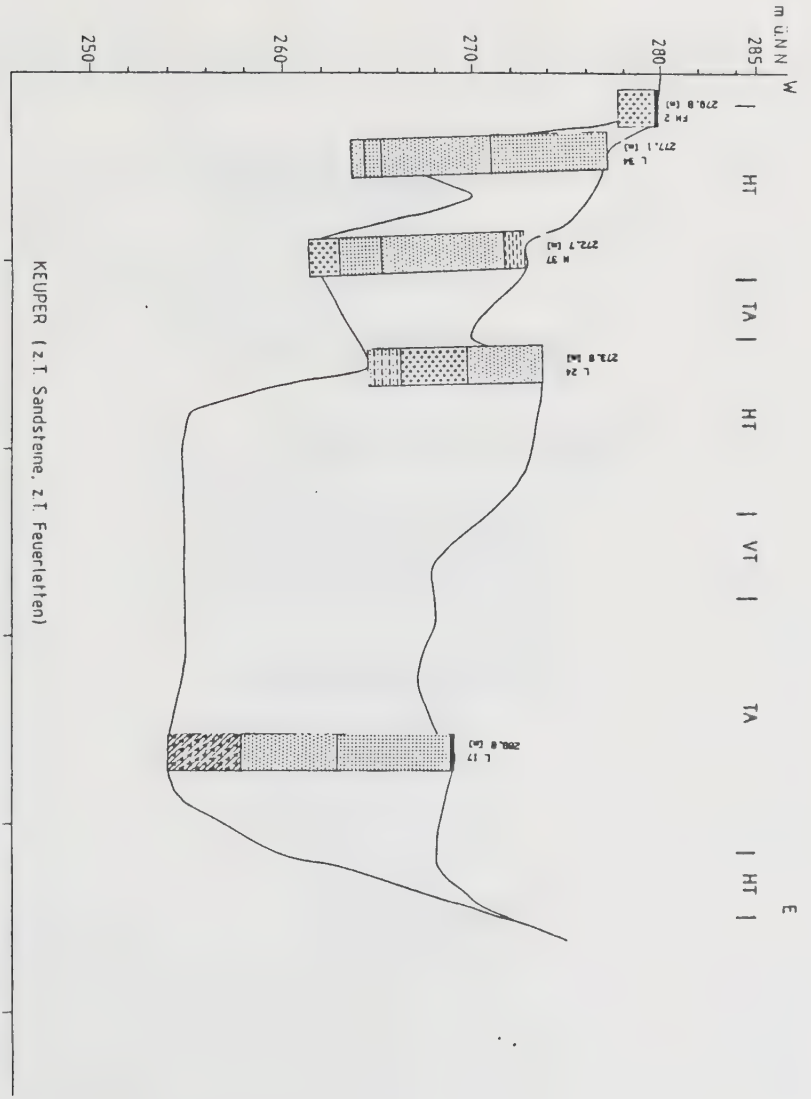


Profile durch das Regnitztal: Profil 35

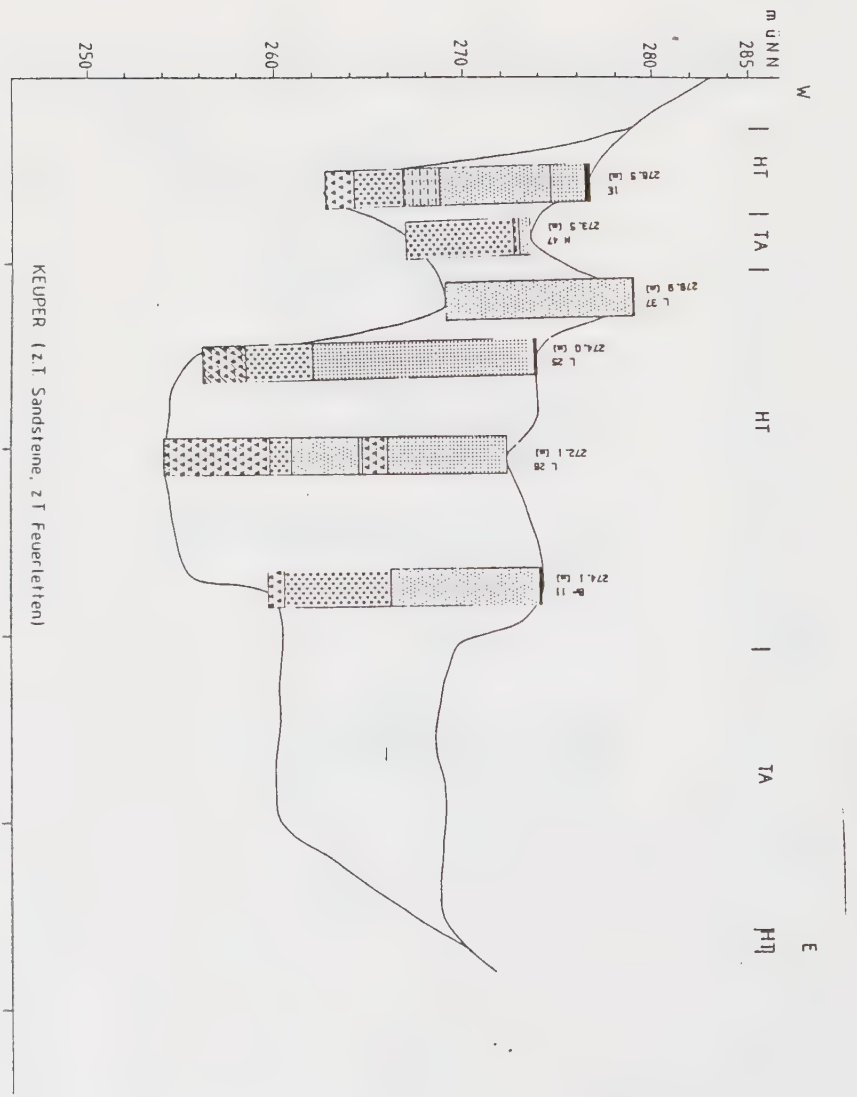
Profile durch das Regnitztal: Profil 36



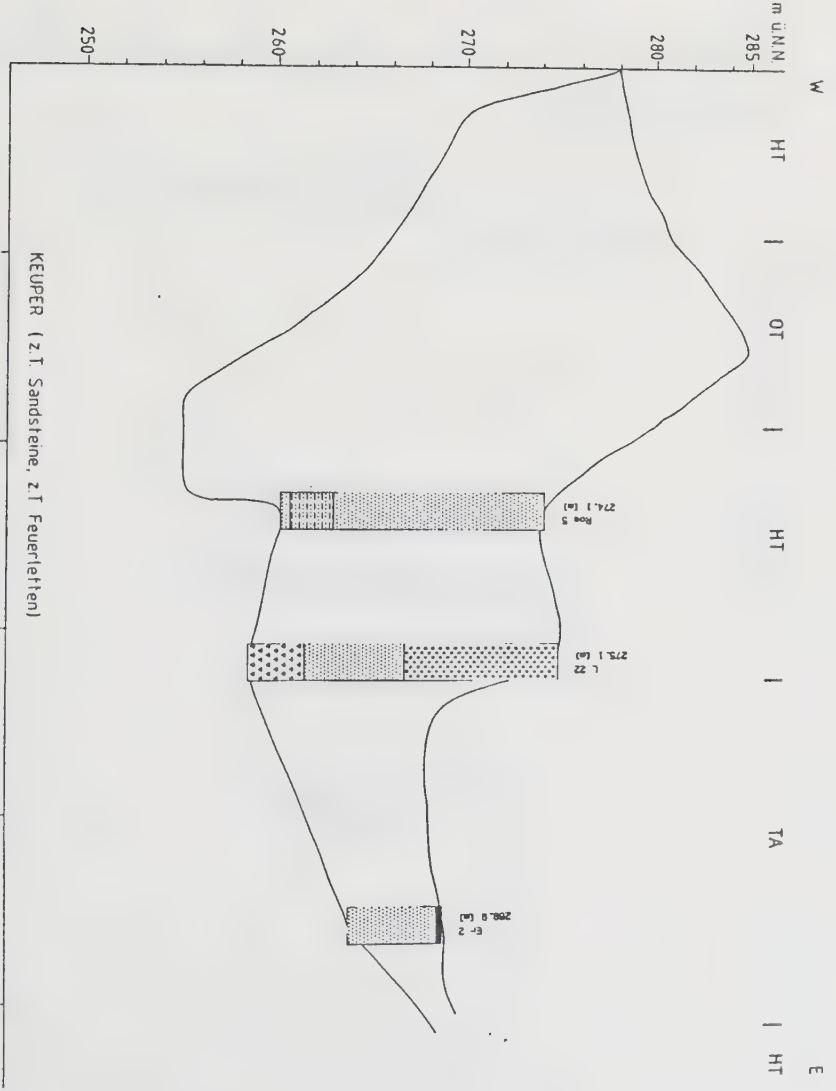
Profile durch das Regnitztal: Profil 37



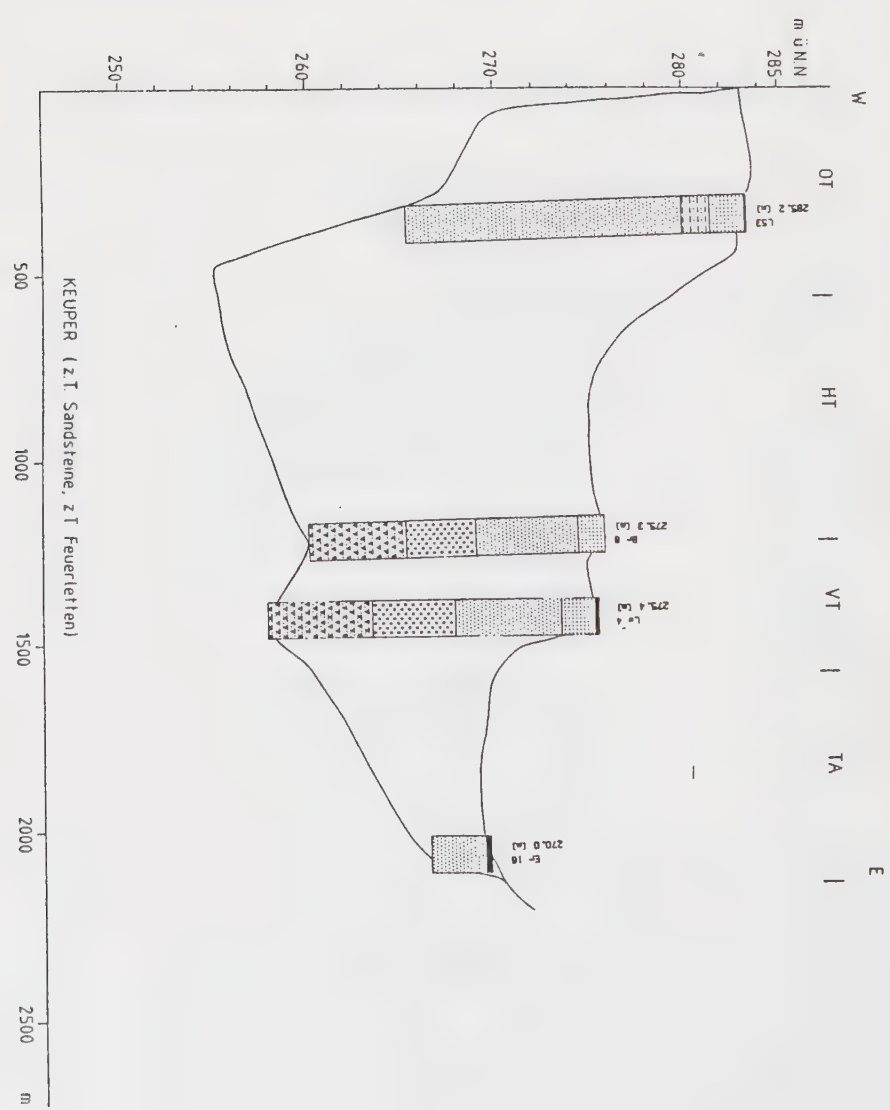
Profile durch das Regnitztal: Profil 38



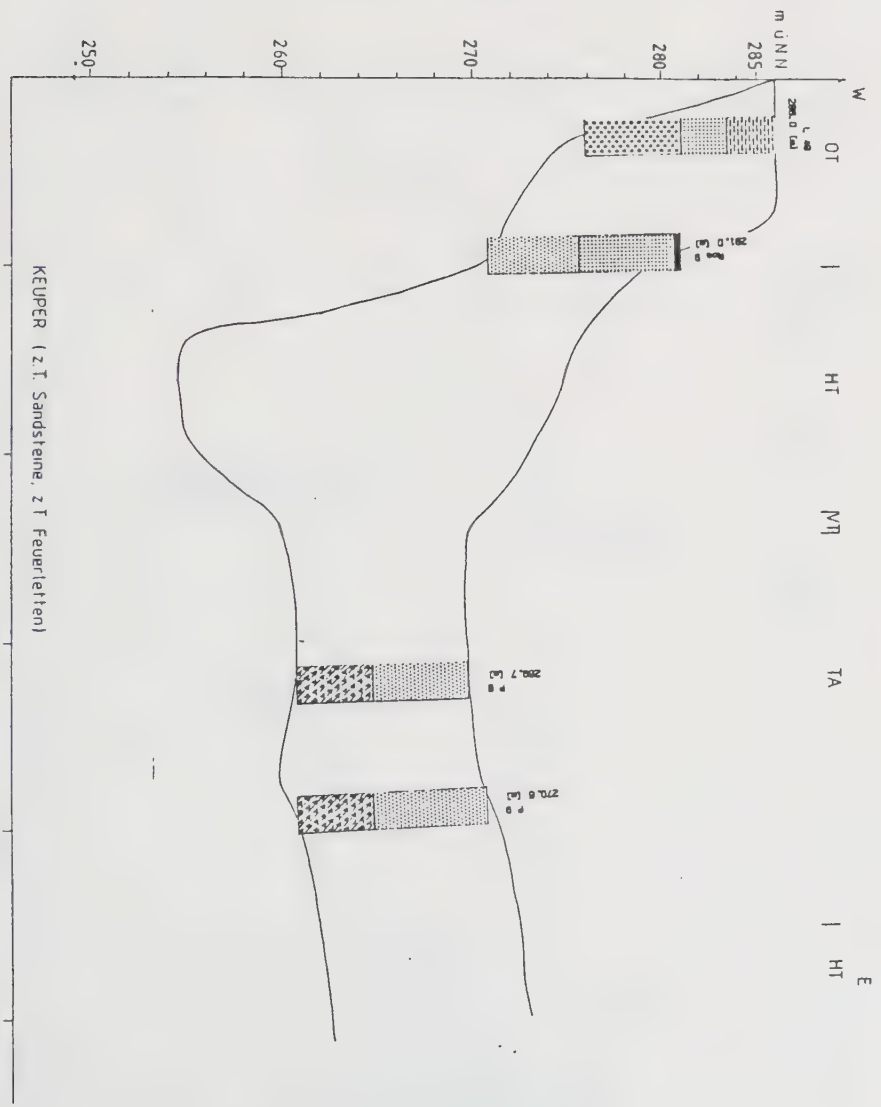
Profile durch das Regnitztal: Profil 39



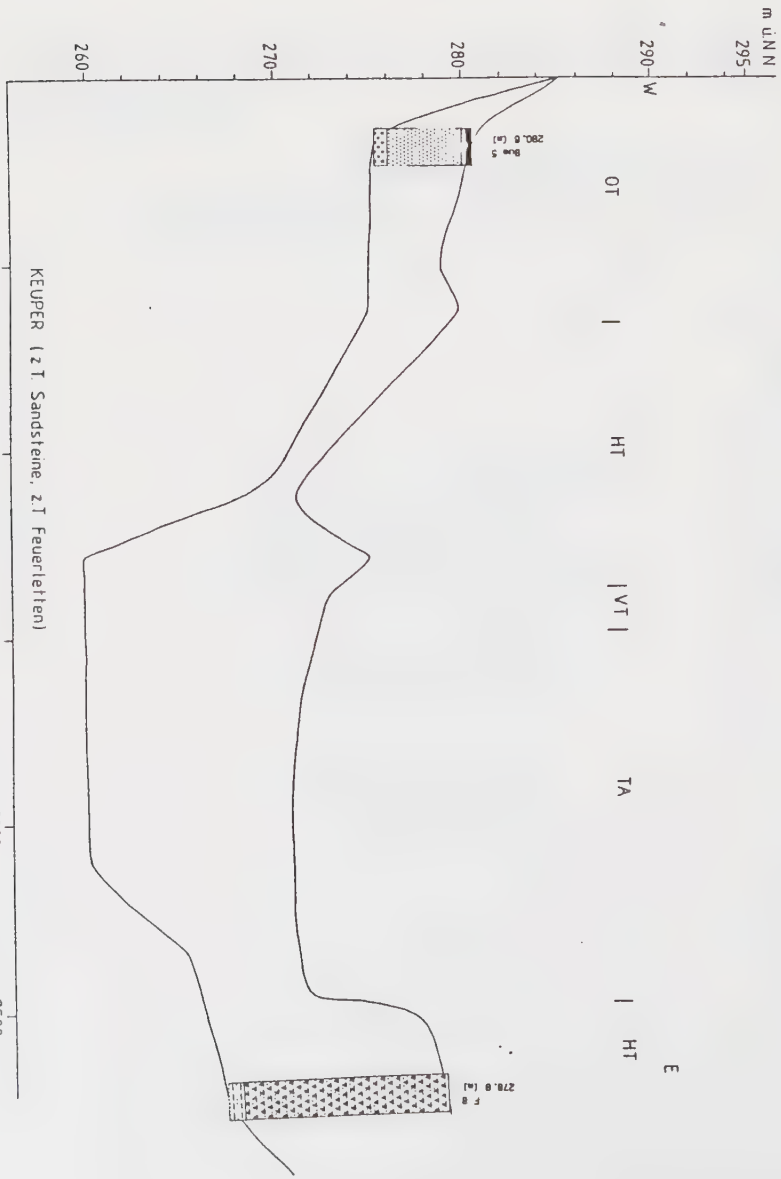
Profile durch das Regnitztal: Profil 40



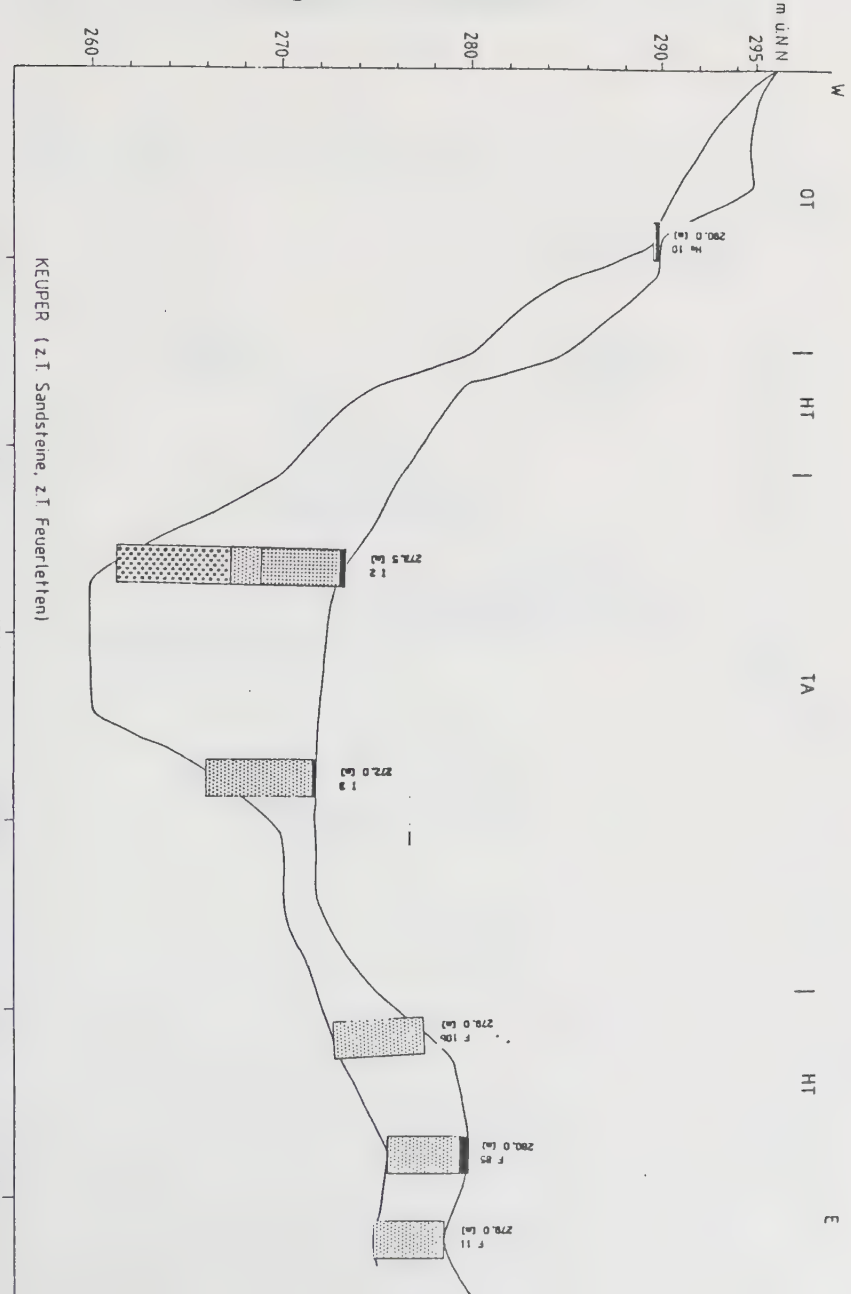
Profile durch das Regnitztal: Profil 41



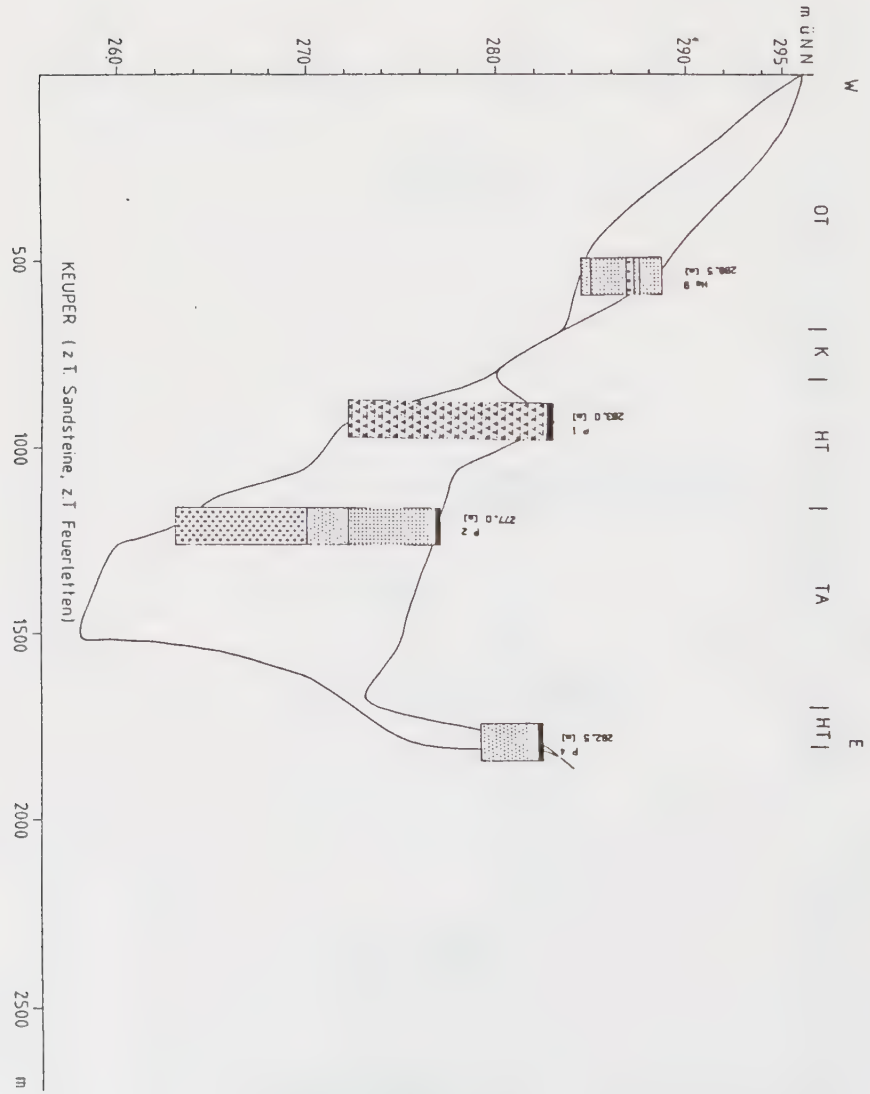
Profile durch das Regnitztal: Profil 42



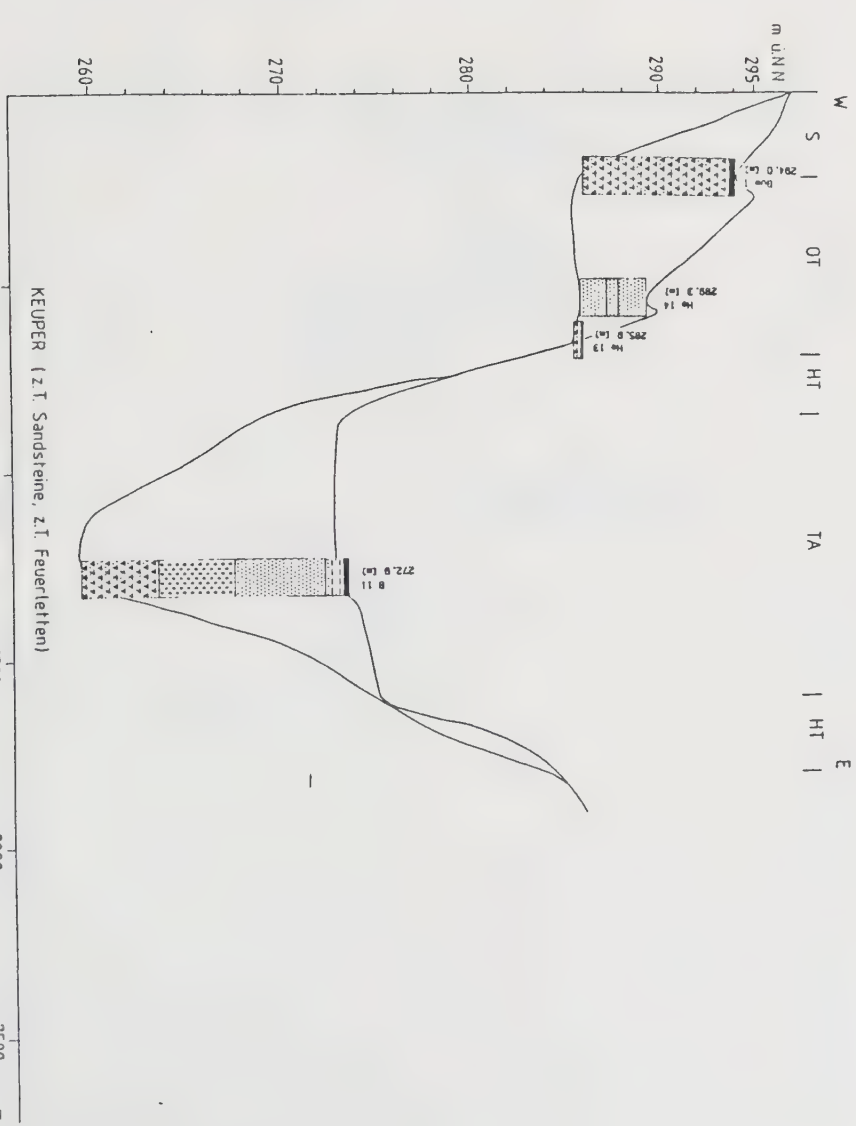
Profile durch das Regnitztal: Profil 43



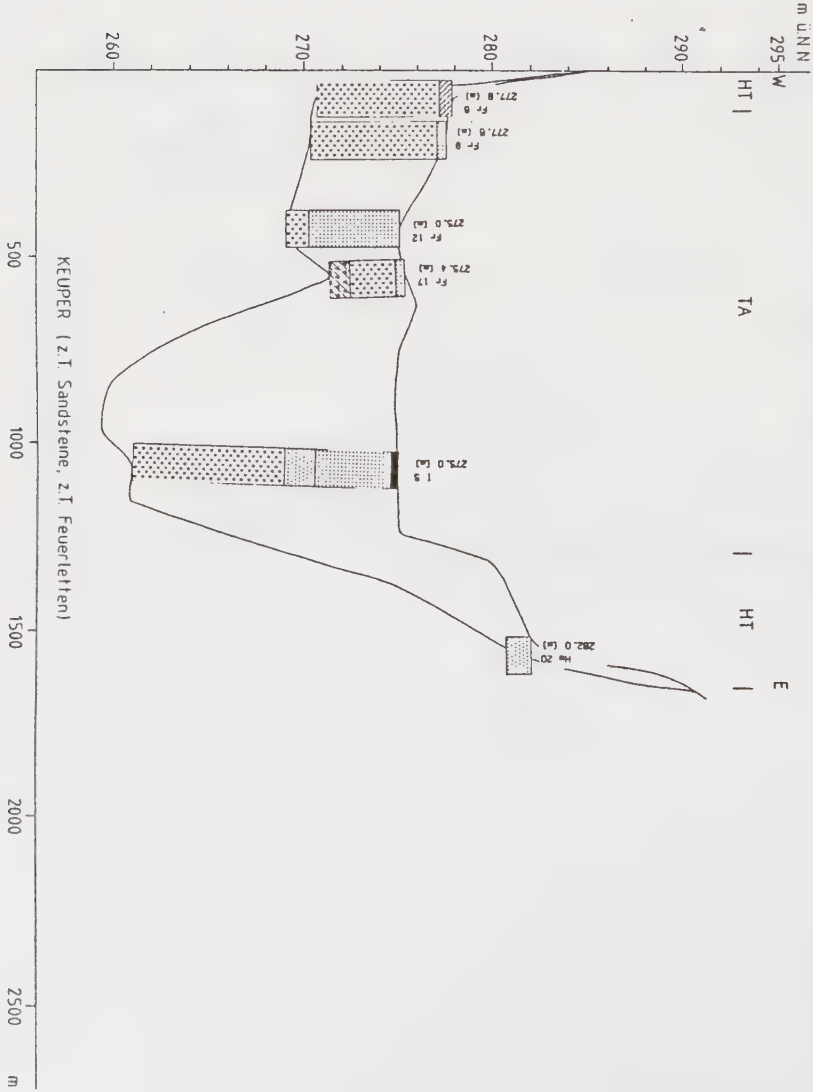
Profile durch das Regnitztal: Profil 44



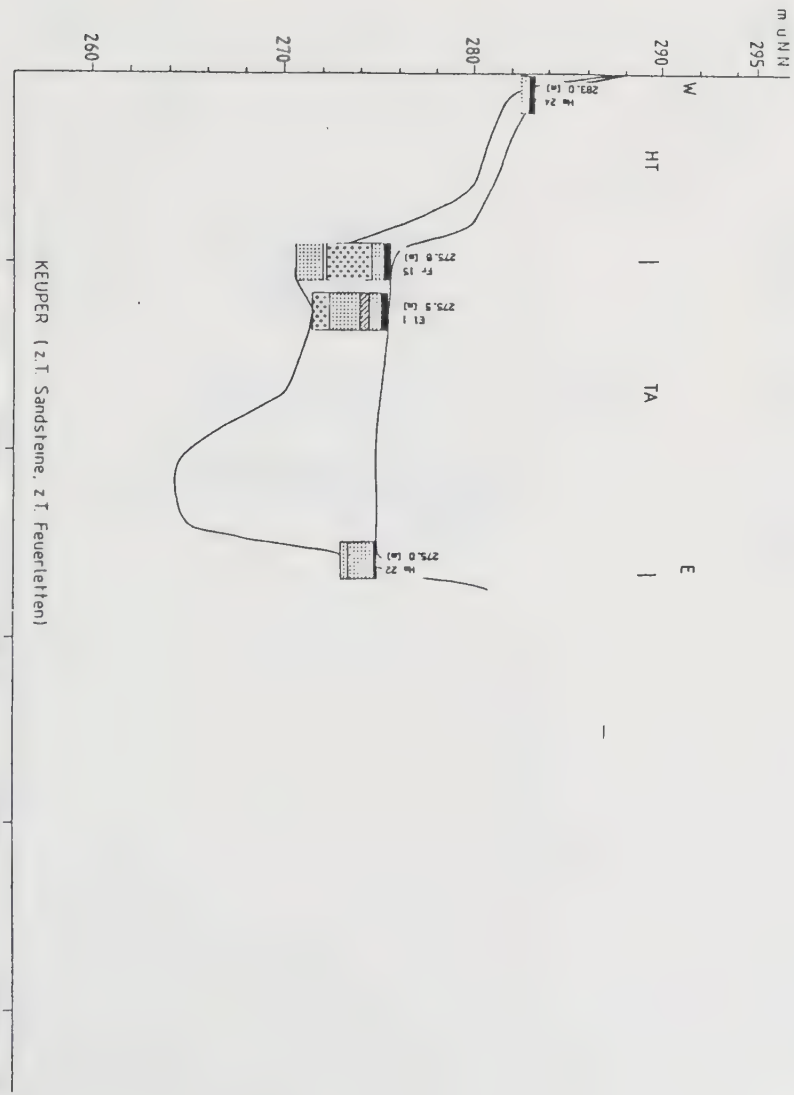
Profile durch das Regnitztal: Profil 45



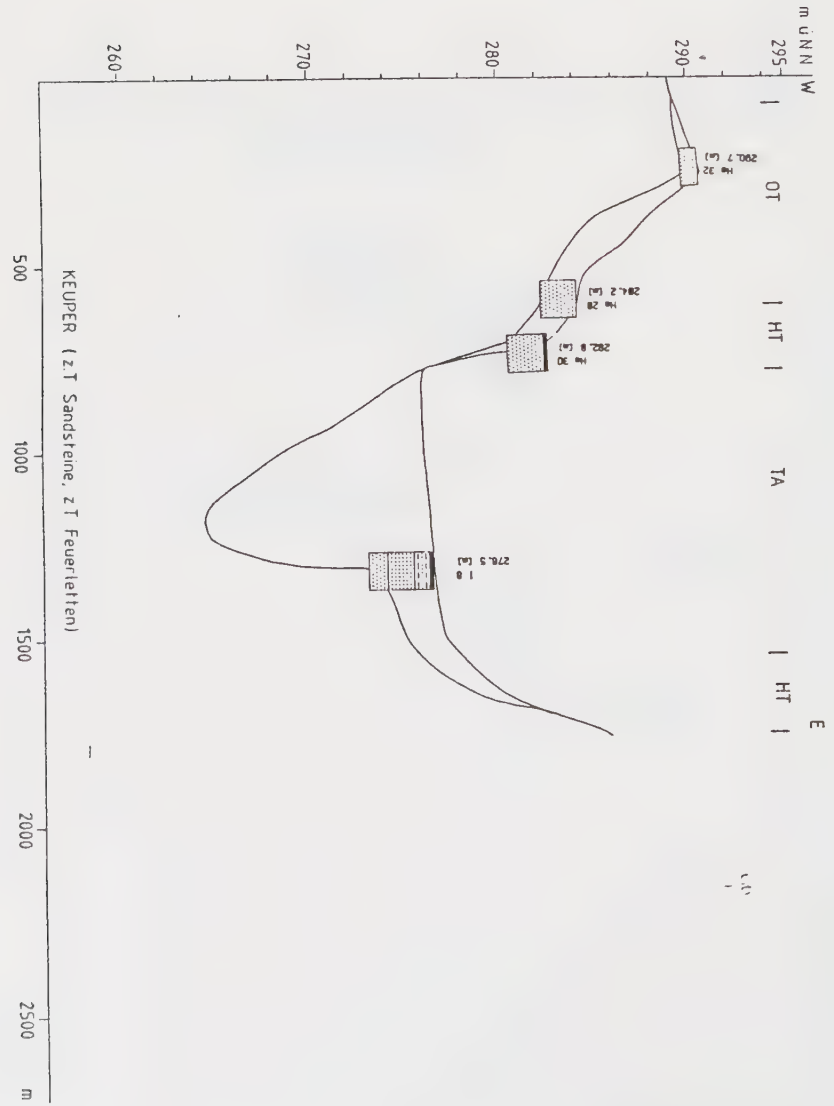
Profile durch das Regnitztal: Profil 46



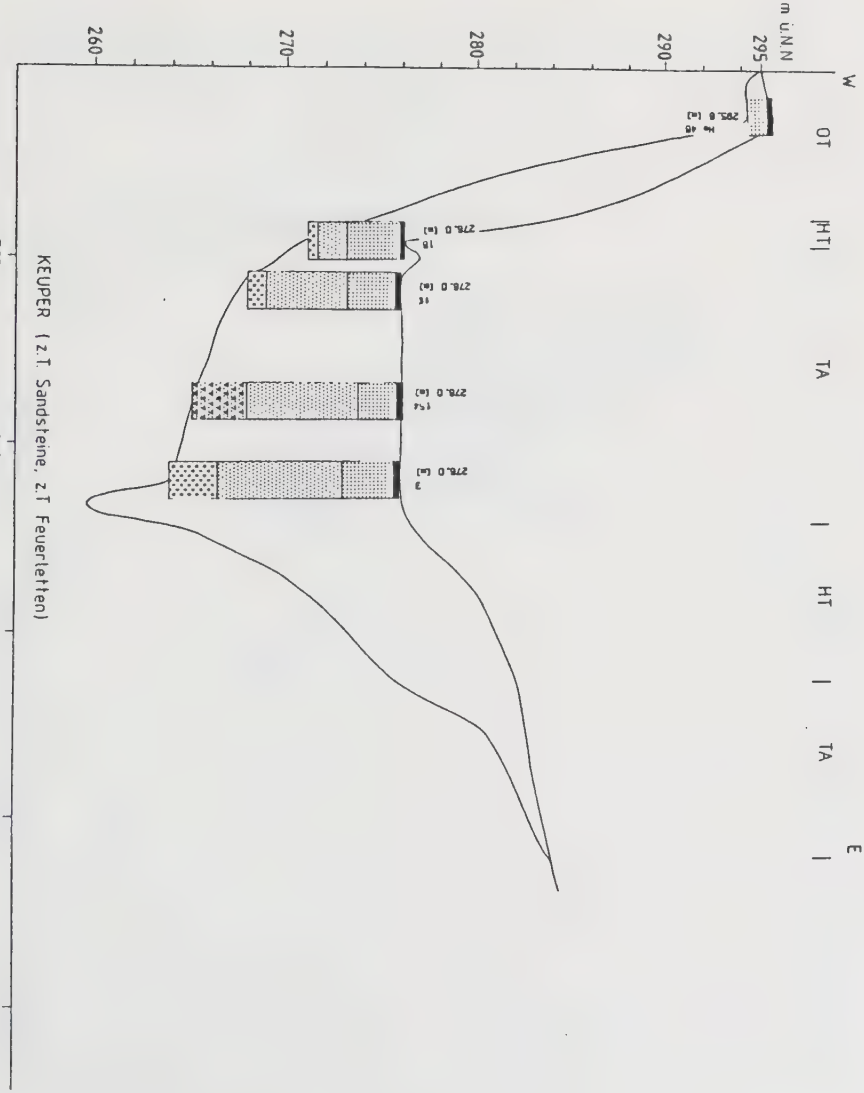
Profile durch das Regnitztal: Profil 47



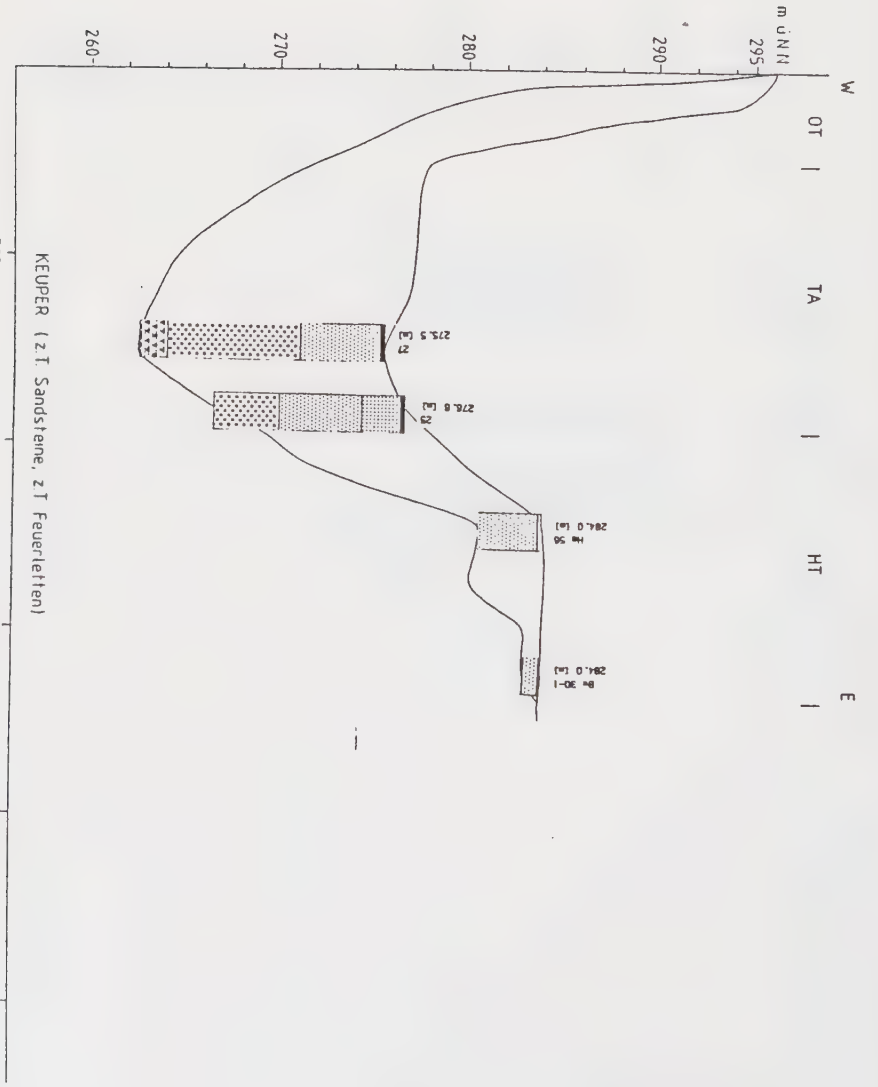
Profile durch das Regnitztal: Profil 48



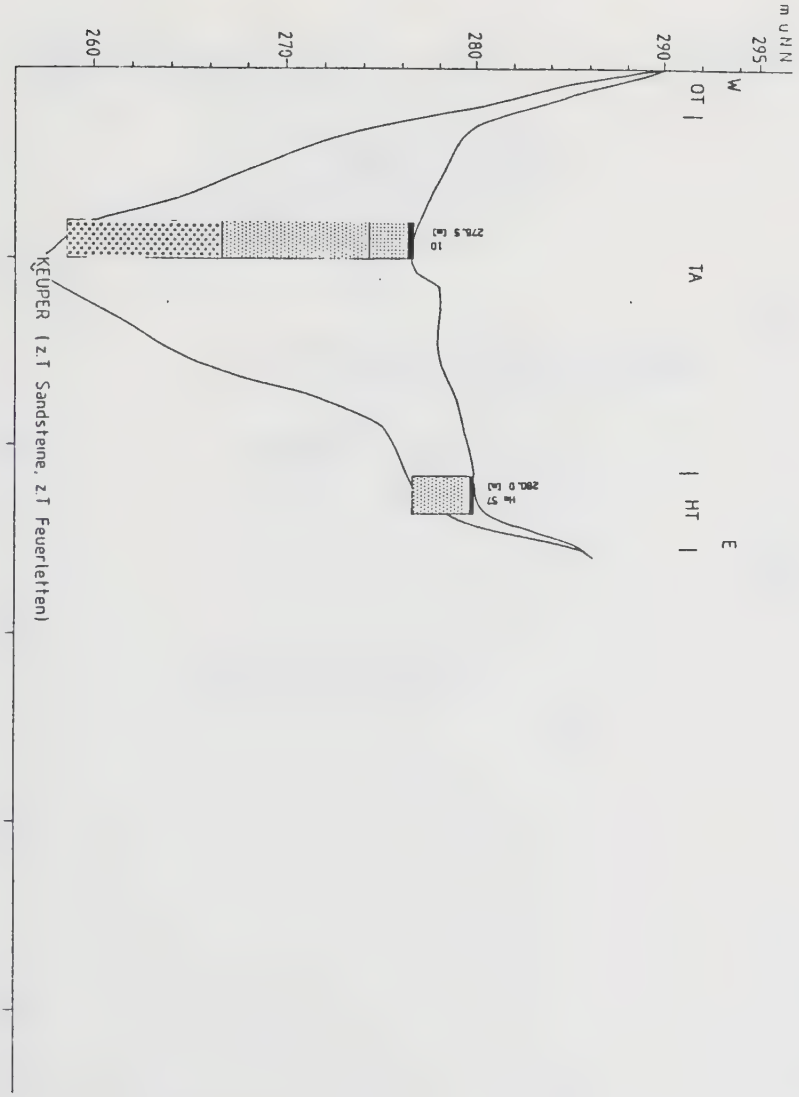
Profile durch das Regnitztal: Profil 49



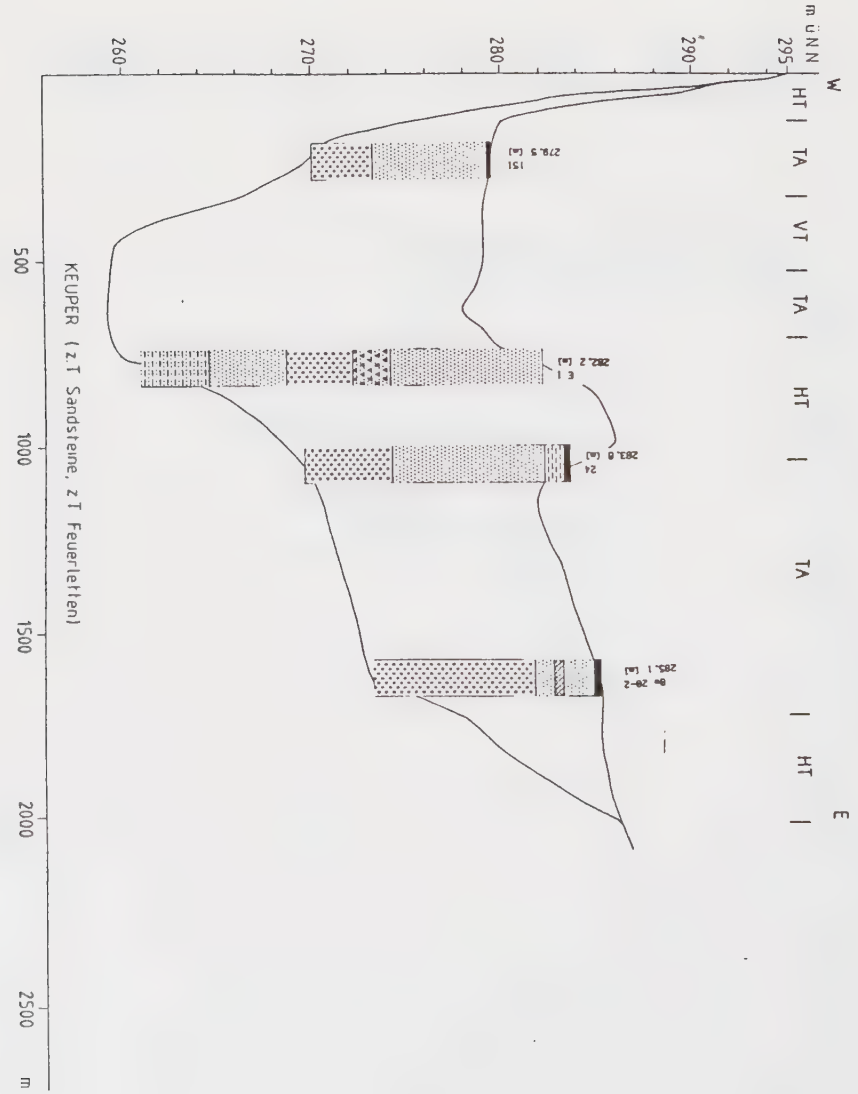
Profile durch das Regnitztal: Profil 50



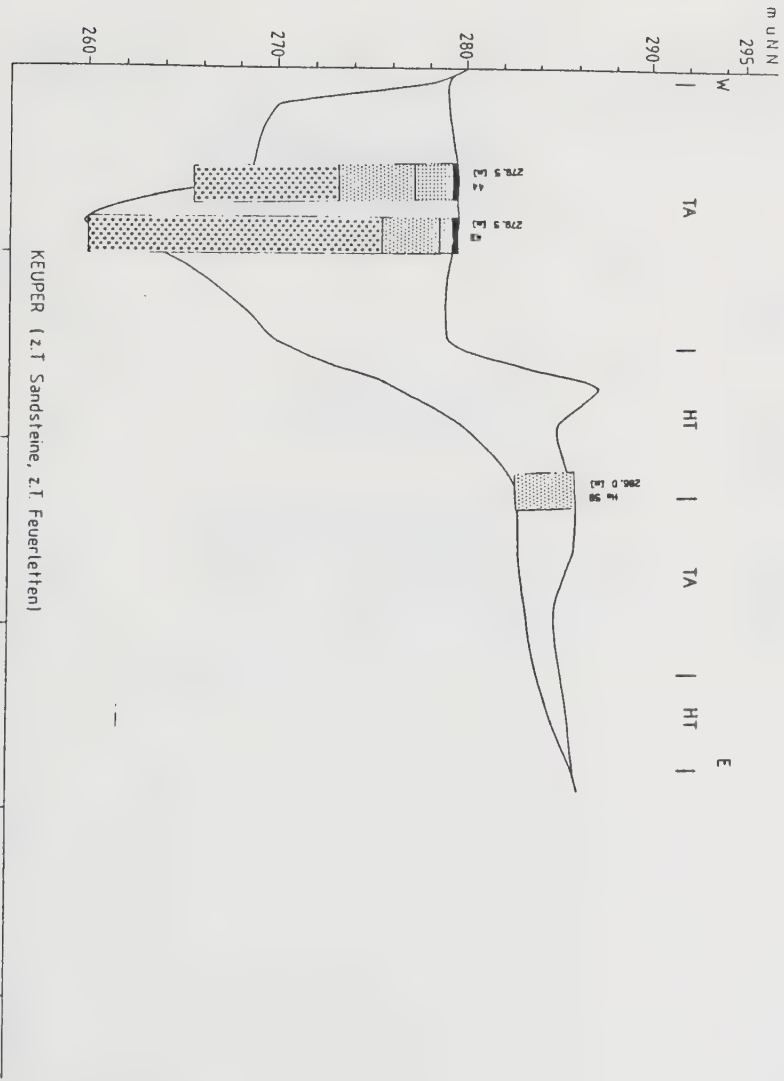
Profile durch das Regnitztal: Profil 51



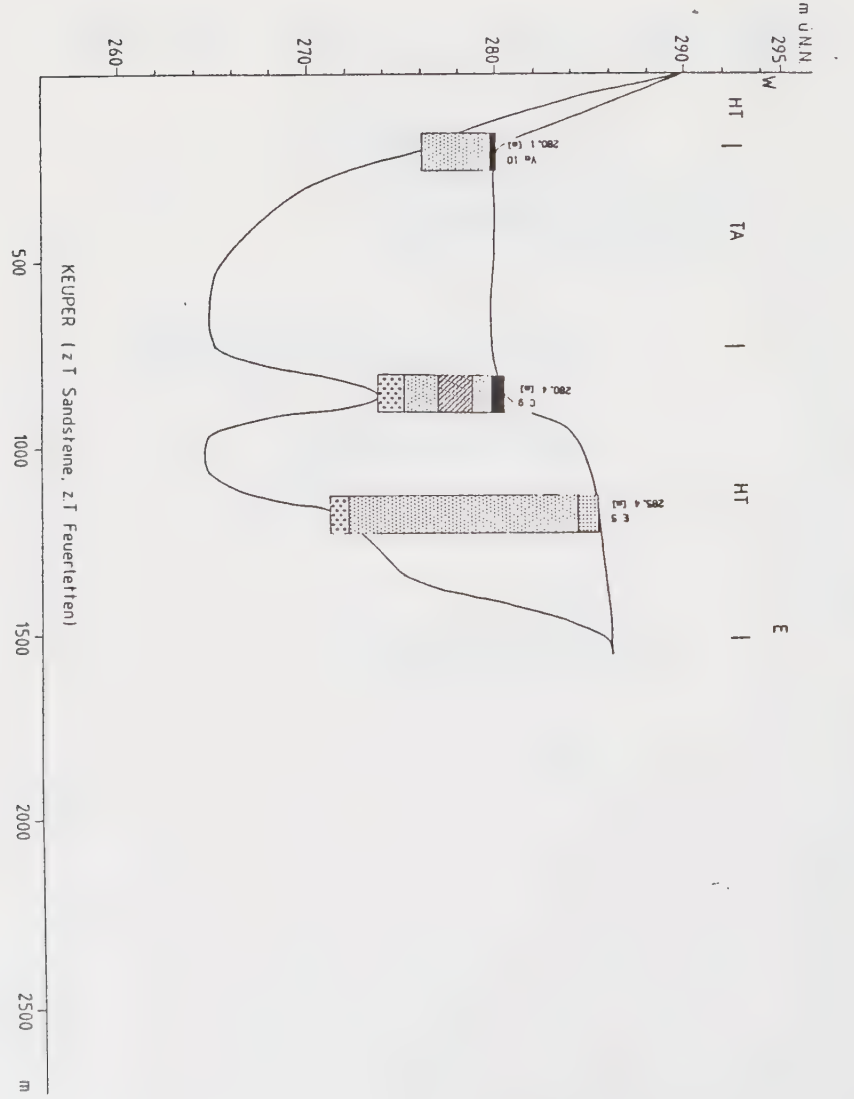
Profile durch das Regnitztal: Profil 52



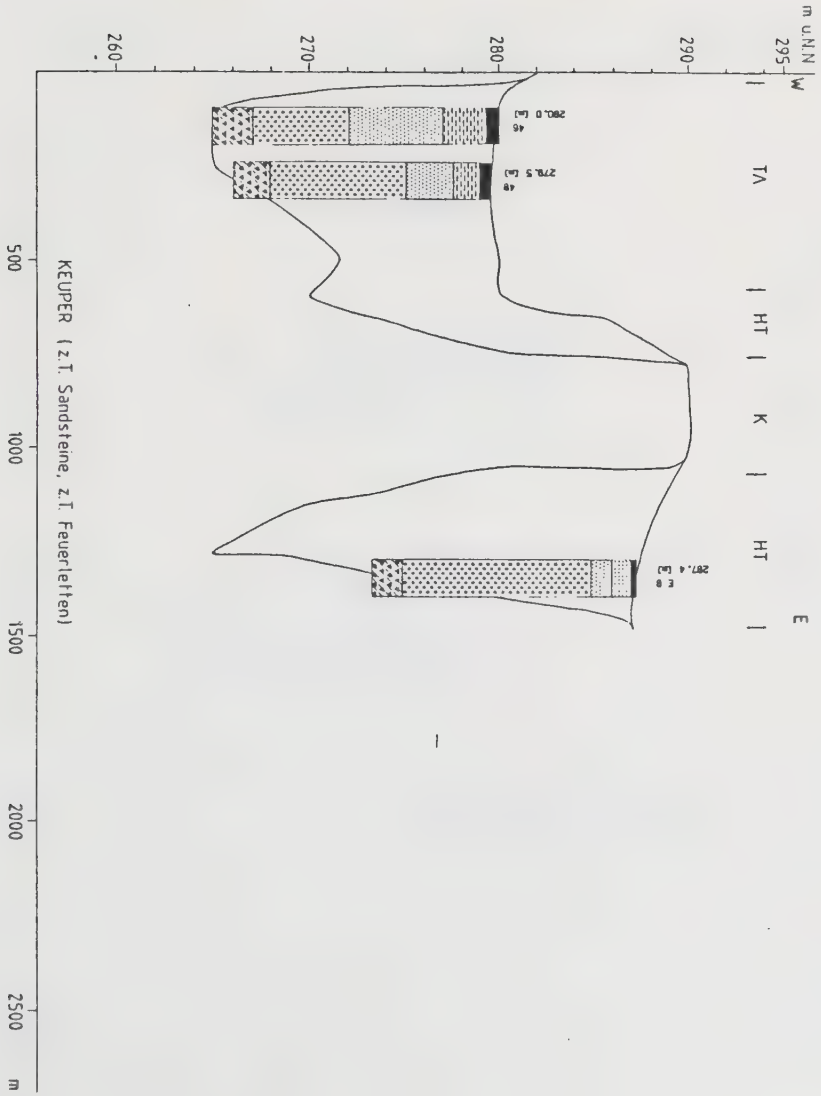
Profile durch das Regnitztal: Profil 53



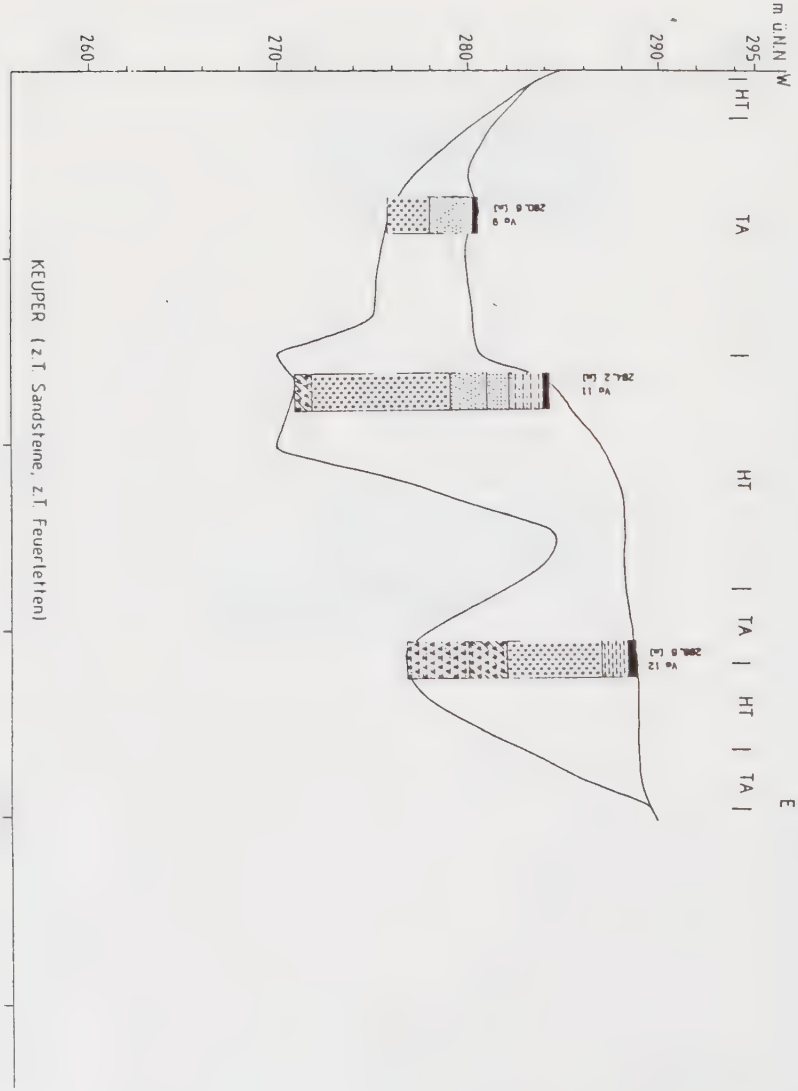
Profile durch das Regnitztal: Profil 54



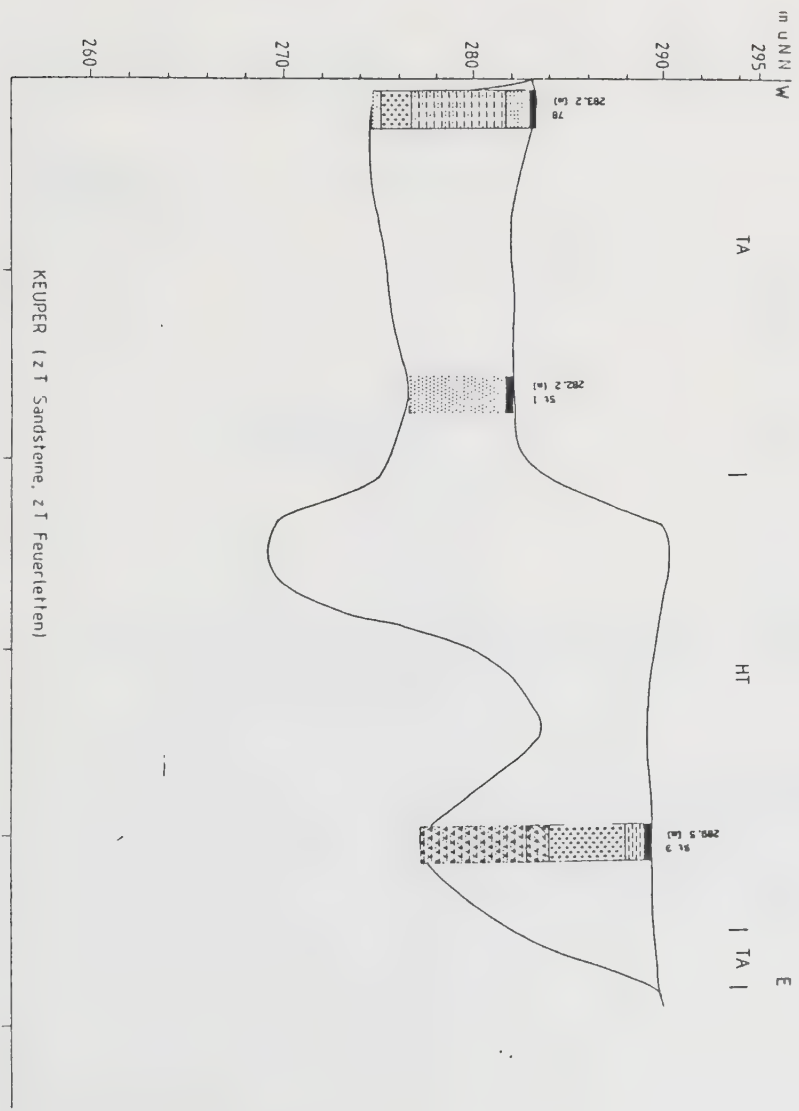
Profile durch das Regnitztal: Profil 55



Profile durch das Regnitztal: Profil 56



Profile durch das Regnitztal: Profil 57



Profile durch das Regnitztal: Profil 58

13.4 Karten der Quartärbasis und der Quartärmächtigkeit

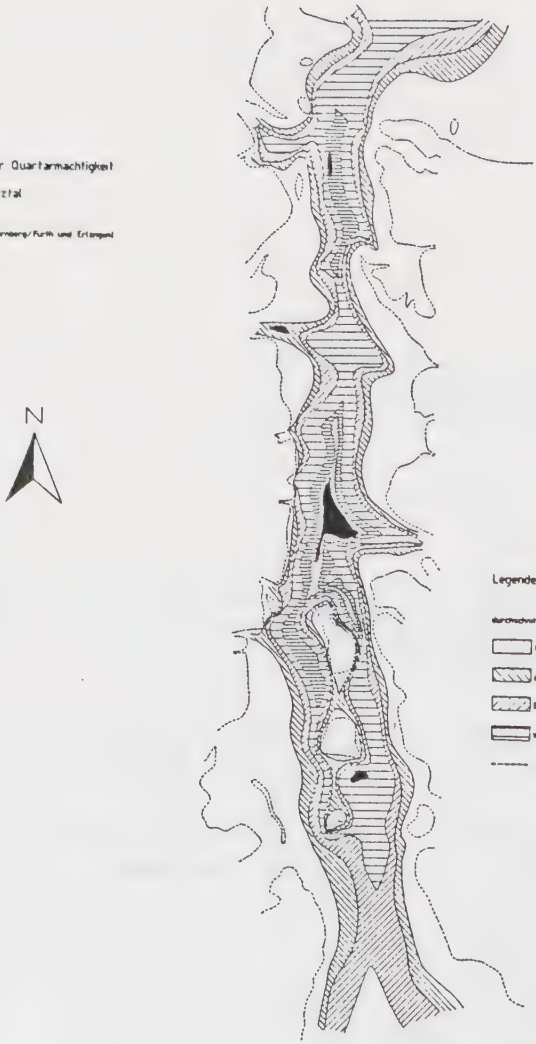
> Seite 164, Abb. 23: Karte der Quartärmächtigkeit im Regnitztal zwischen Nürnberg/Fürth und Erlangen.

>> Seite 165, Abb. 24: Karte der Quartärmächtigkeit im Regnitztal zwischen Erlangen und Forchheim.

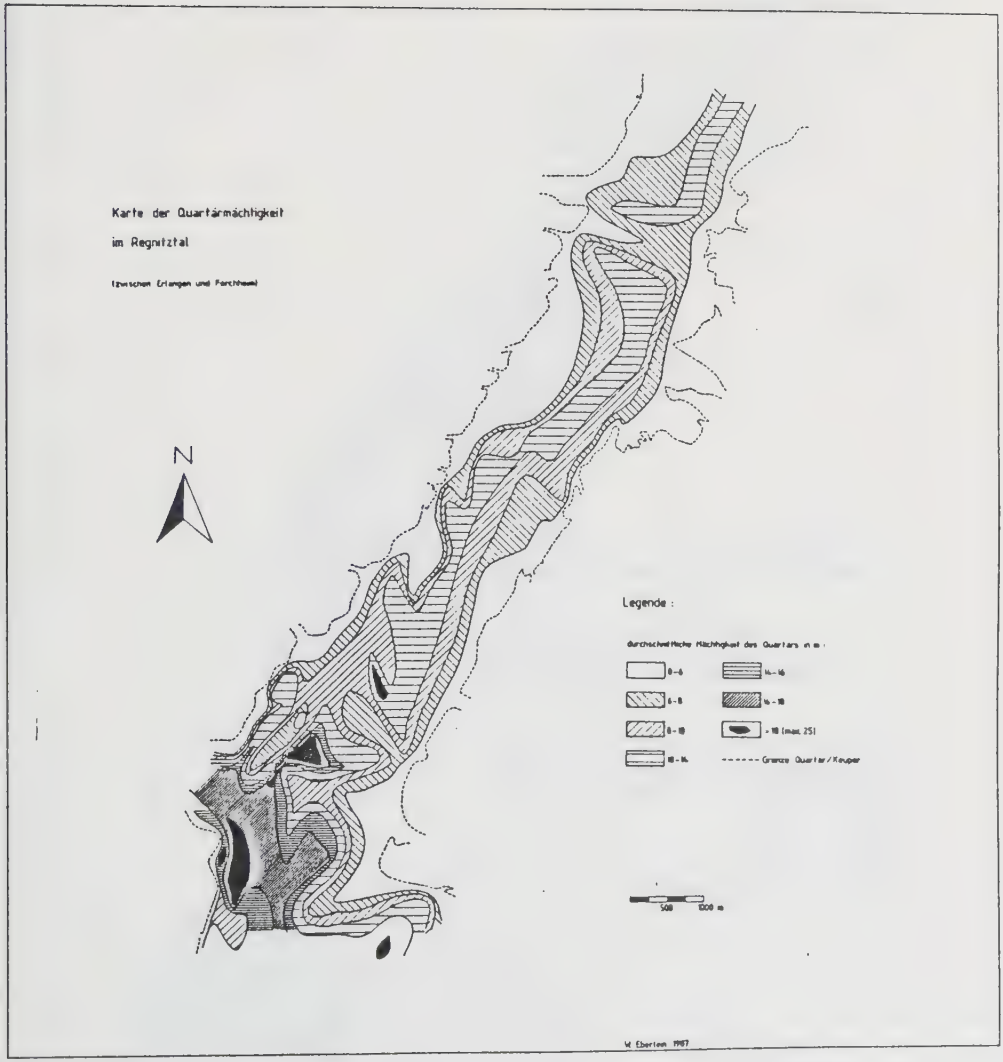
>>> Seite 166, Abb. 25: Karte der Quartärmächtigkeit im Regnitztal zwischen Forchheim und Strullendorf.

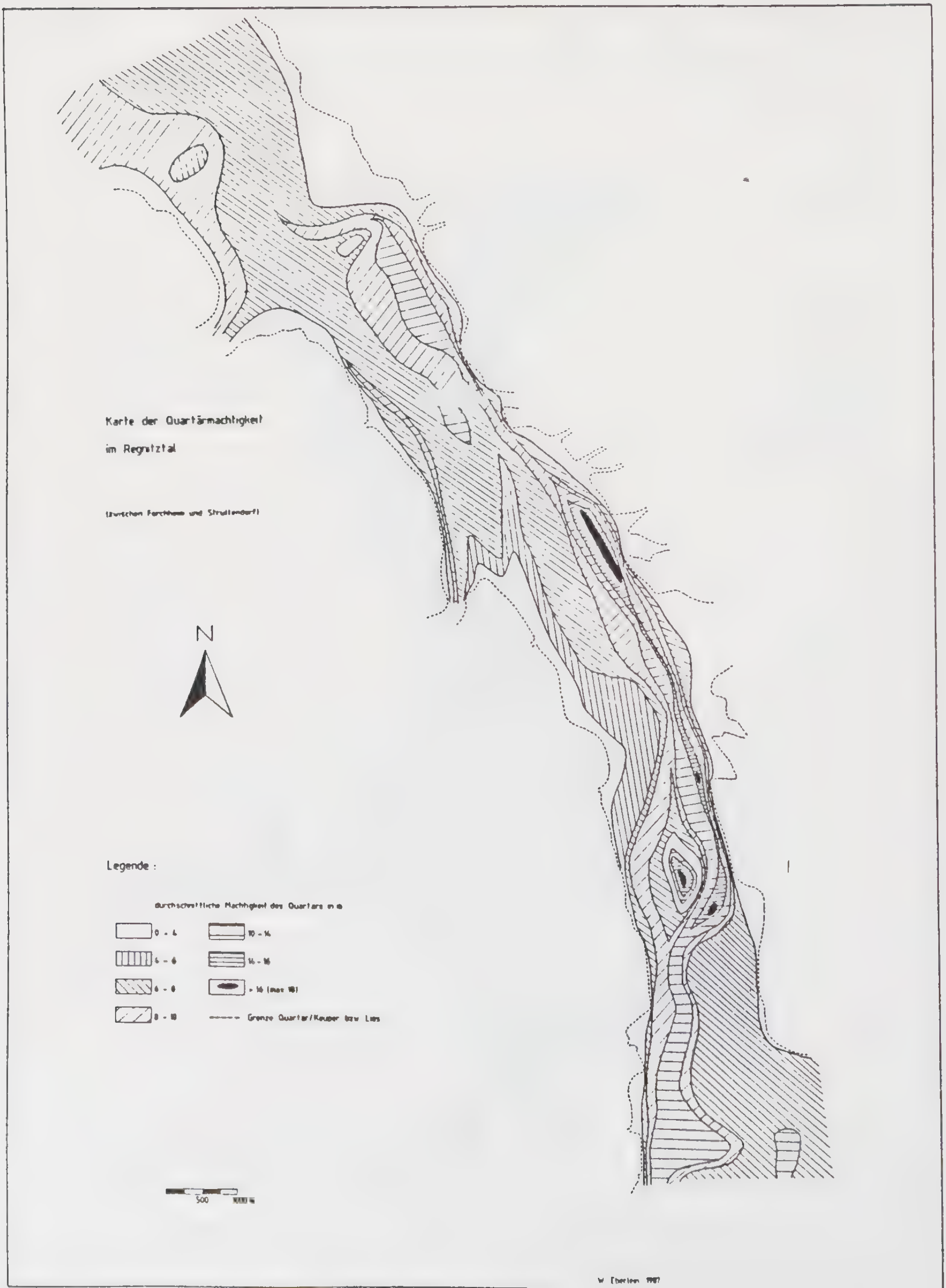
Karte der Quartärmächtigkeit
im Regnitztal

(zwischen Nürnberg/Fürth und Erlangen)



M. Eberlein 1987

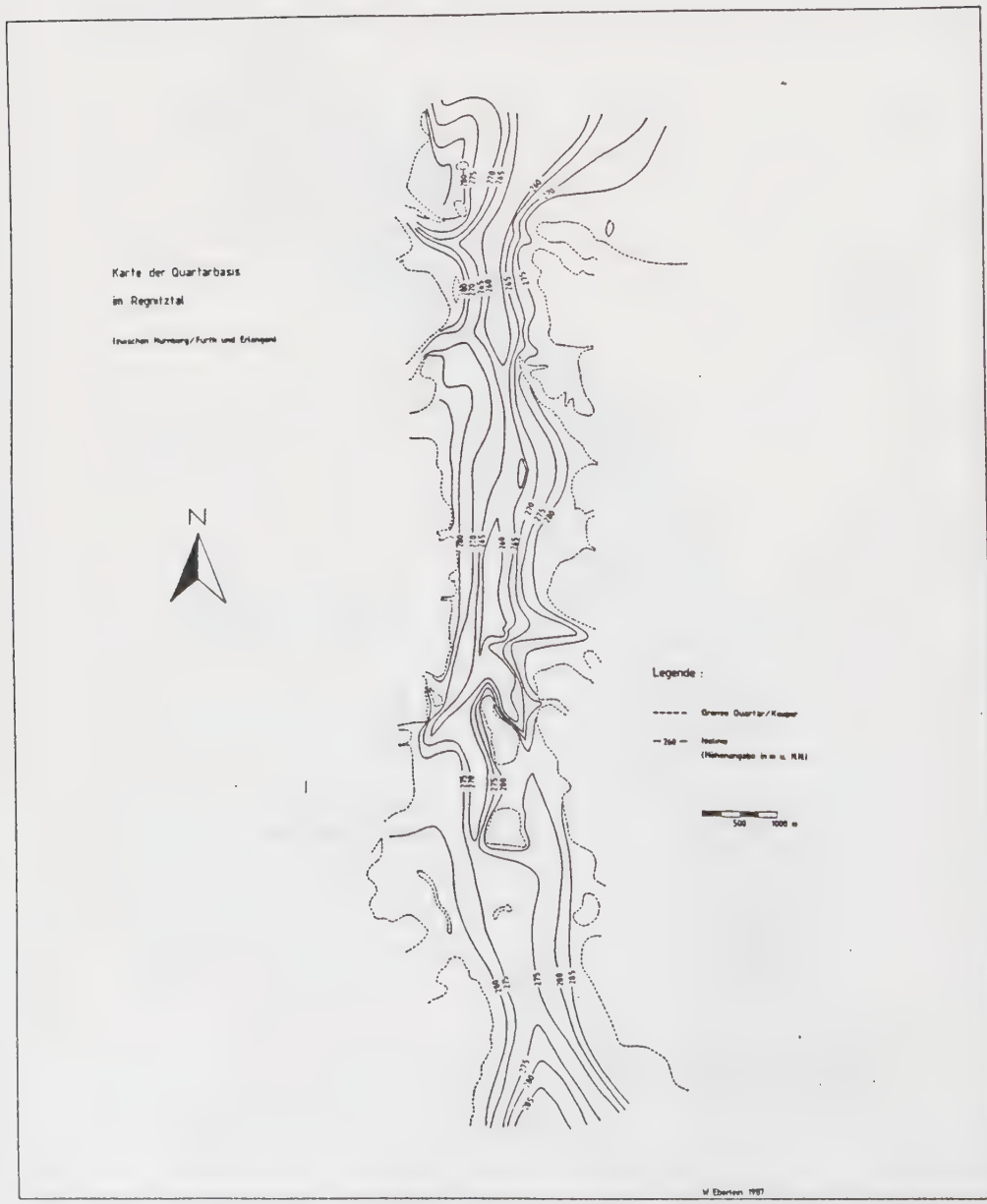

Karte der Quartärmächtigkeit
im Regnitztal
(zwischen Erlangen und Forchheim)
N
Legende :
durchschnittliche Mächtigkeit des Quartärs in m :
0 - 4
4 - 6
6 - 8
8 - 10
10 - 14
14 - 16
16 - 18
> 18 (max. 25)
Grenze Quartär / Keuper
500
1000 m
W. Eberlein 1987

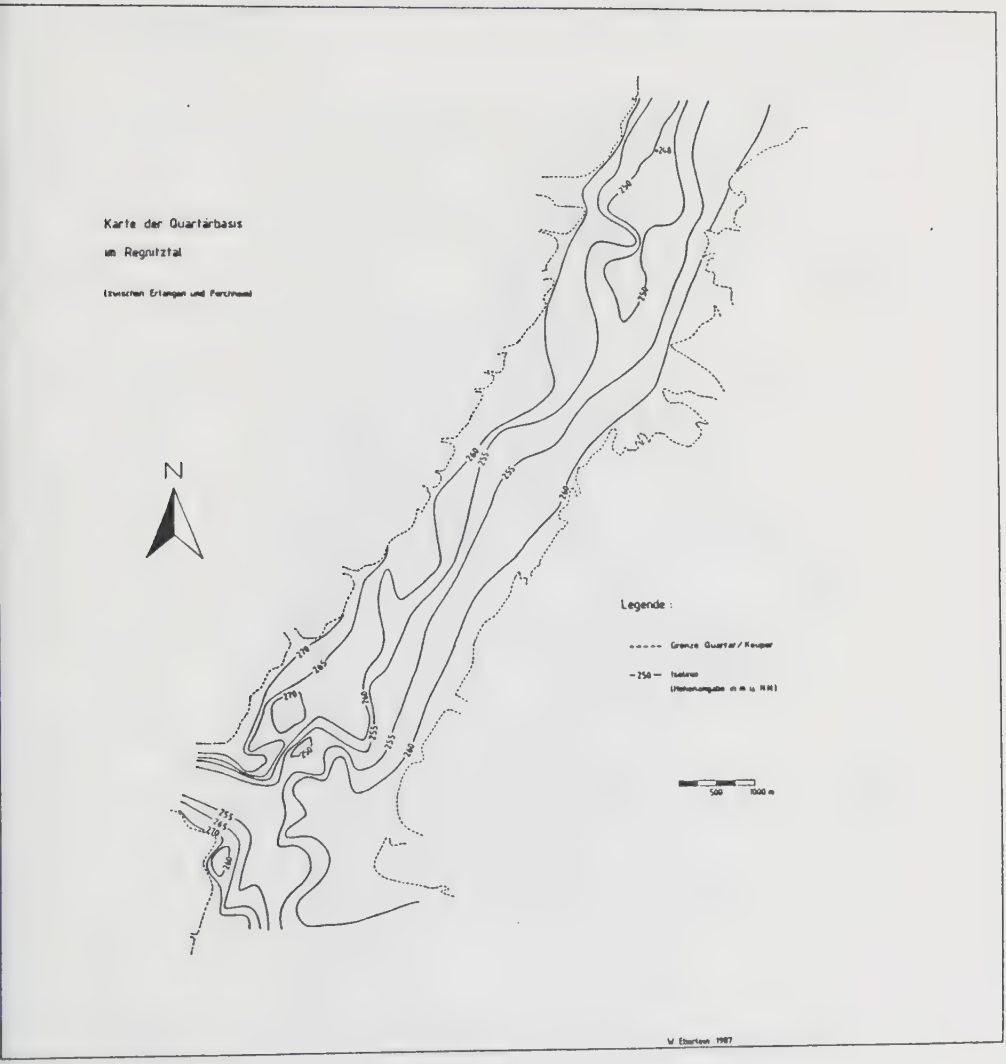

Karte der Quartärmachtigkeit
im Regnitztal
N
Legende :
0 - 4
Grenze Quartar/Keuper bzw Lias
500
W Eberlein 1987

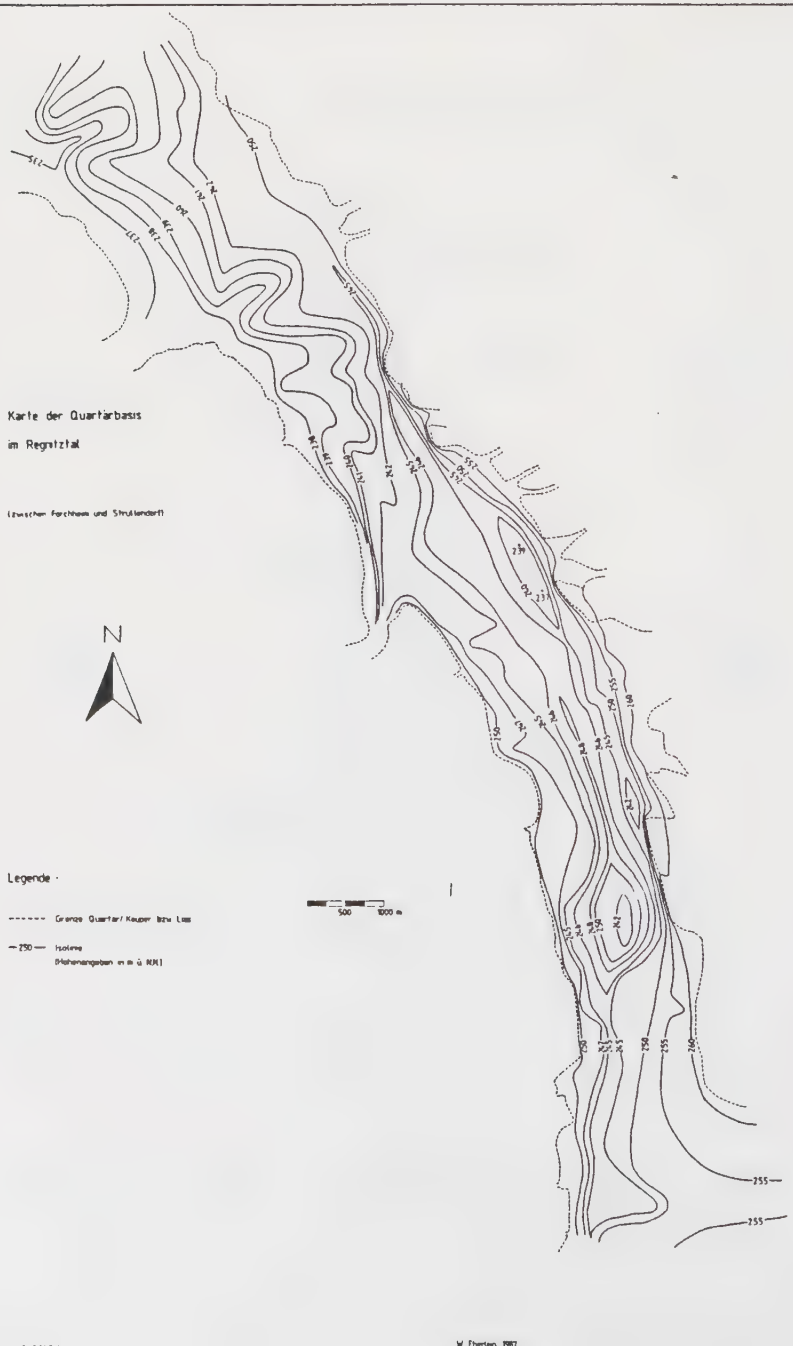
> Seite 168, Abb. 26: Karte der Quartärbasis im Regnitztal zwischen Nürnberg/Fürth und Erlangen.

>> Seite 169, Abb. 27: Karte der Quartärbasis im Regnitztal zwischen Erlangen und Forchheim.

>>> Seite 170, Abb. 28: Karte der Quartärbasis im Regnitztal zwischen Forchheim und Strullendorf.


Karte der Quartärbasis
im Regnitztal
zwischen Nürnberg/Fürth und Erlangen
N
Legende :
Grenze Quartär/Keuper
Isolinie
(Höhenangabe in m ü. NN)
500
1000 m
W. Eberlein 1987


Karte der Quartärbasis
im Regnitztal
(zwischen Erlangen und Forchheim)
N
Legende :
Grenze Quartär / Keuper
Isolinie
(Höhenangabe in m ü. NN)
500
1000 m
W. Eberhard 1987


Karte der Quartärbasis
im Regnitztal
(zwischen Forchheim und Strullendorf)
N
Legende:
Grenze Quartär/Keuper bzw. Lias
Isoline
(Höhenangaben in m ü. NN)
500
1000 m
255
255

14. Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

Abbildungen:

		Seite
Abb. 1:	Die Produktion der wichtigsten 30 mineralischen Rohstoffe der Welt in Mio t 1977.	8
Abb. 2:	Die Produktion der wichtigsten 30 mineralischen Rohstoffe der Welt in Mrd DM 1977.	8
Abb. 3:	Vergleich der Transportkosten für Massenrohstoffe in Abhängigkeit von der Transportentfernung.	10
Abb. 4:	Karte zur Zusammensetzung des Quartärs und zur Häufigkeitsverteilung der Sand und Kieskorngrößen im Regnitztal zwischen Nürnberg/Fürth und Erlangen.	40
Abb. 5:	Karte zur Zusammensetzung des Quartärs und zur Häufigkeitsverteilung der Sand und Kieskorngrößen im Regnitztal zwischen Erlangen und Forchheim.	41
Abb. 6:	Karte zur Zusammensetzung des Quartärs und zur Häufigkeitsverteilung der Sand und Kieskorngrößen im Regnitztal zwischen Forchheim und Strullendorf.	42
Abb. 7:	Rohstoffgewinnung in Konkurrenz mit anderen Nutzungsansprüchen.	48
Abb. 8:	Die prozentuale Verteilung der Flächennutzungen im Regnitztal.	52
Abb. 9:	Karte der Flächennutzungen im Regnitztal zwischen Nürnberg/Fürth und Erlangen.	54

Abb. 10: Karte der Flächennutzungen im Regnitztal zwischen Erlangen und Forchheim. 55

Abb. 11: Karte der Flächennutzungen im Regnitztal zwischen Forchheim und Strullendorf. 56

Abb. 12: Karte der Quartärmächtigkeit auf Flächen für die Gewinnung von oberflächennahen Rohstoffen (Sand und Kies) und auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen im Regnitztal zwischen Nürnberg/Fürth und Erlangen. 67

Abb. 13: Karte der Quartärmächtigkeit auf Flächen für die Gewinnung von oberflächennahen Rohstoffen (Sand und Kies) und auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen im Regnitztal zwischen Erlangen und Forchheim. 68

Abb. 14: Karte der Quartärmächtigkeit auf Flächen für die Gewinnung von oberflächennahen Rohstoffen (Sand und Kies) und auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen im Regnitztal zwischen Forchheim und Strullendorf. 69

Abb. 15: Karte der potentiellen Abbaustätten für die oberflächennahen Rohstoffe Sand und Kies im Regnitztal zwischen Nürnberg/Fürth und Erlangen. 77

Abb. 16: Karte der geplanten und potentiellen Abbaustätten für die oberflächennahen Rohstoffe Sand und Kies im Regnitztal zwischen Erlangen und Forchheim. 78

Abb. 17: Karte der zur Zeit bestehenden, geplanten und potentiellen Abbaustätten für die oberflächennahen Rohstoffe Sand und Kies im Regnitztal zwischen Forchheim und Strullendorf. 79

Abb. 18: Sieblinien von Sand/Kies-Mischproben aus den Flußabschnitten IX (1), XII (2/3), XIV (4) und XV (5), aufgetragen in Siebliniendiagrammen für Betonzuschlagstoffe. 84

Abb. 19: Siebliniendiagramm nach DIN 1045. 86

Abb. 20: Lagekarte der Bohrungen und Profile im Regnitztal zwischen Nürnberg/Fürth und Erlangen. 102

Abb. 21: Lagekarte der Bohrungen und Profile im Regnitztal zwischen Erlangen und Forchheim. 103

Abb. 22: Lagekarte der Bohrungen und Profile im Regnitztal zwischen Forchheim und Strullendorf. 104

Abb. 23: Karte der Quartärmächtigkeit im Regnitztal zwischen Nürnberg/Fürth und Erlangen. 164

Abb. 24: Karte der Quartärmächtigkeit im Regnitztal zwischen Erlangen und Forchheim. 165

Abb. 25: Karte der Quartärmächtigkeit im Regnitztal zwischen Forchheim und Strullendorf. 166

Abb. 26: Karte der Quartärbasis im Regnitztal zwischen Nürnberg/Fürth und Erlangen. 168

Abb. 27: Karte der Quartärbasis im Regnitztal zwischen Erlangen und Forchheim. 169

Abb. 28: Karte der Quartärbasis im Regnitztal zwischen Forchheim und Strullendorf. 170

Tabellen:

Tab. 1: Die Bezeichnung der drei verbreitesten Terrassenkörper nach verschiedenen Autoren. 17

Tab. 2: Chronologischer Ablauf der Flußgeschichte der Regnitz während des Pleistozäns und Holozäns. 19

Tab. 3: Die Benennung von Korngrößengruppen. 28

Tab. 4: Statistische Auswertung zur Mächtigkeit des Quartärs und der Komponenten Boden, sandiger Ton, Ton, Sand und Kies in m. 30

Tab. 5: Statistische Auswertung bezüglich des Volumens des Quartärs und der Volumenanteile der Komponenten Boden, sandiger Ton, Ton, Sand und Kies in Mio m^3. 31

Tab. 6: Anteile der nutzbaren Sande und Kiese am Quartärvolumen in den betrachteten Großbereichen. 33

Tab. 7: Der Anteil von Sand und Kies am Quartärvolumen in Mio m^3. 34

Tab. 8: Die Flächennutzungen im Regnitztal in km^2. 51

Tab. 9: Gliederung der Lagerstättenvorräte in Vorratsgruppen und Vorratsklassen. 71

Tab. 10: Definition der Vorratsklassen nach lagerstättenkundlichen Kriterien. 72

Tab. 11: Ermittelte und korrigierte Reserven an Sand und Kies aus geplanten und potentiellen Abbaustätten- 74

Tab. 12: Die Einteilung der Korngrößen nach DIN 4022 und nach DIN 4226. 82

Lebenslauf

27.08.1958	Geboren als Sohn des Bau-Ingenieurs Hans Eberlein und dessen Ehefrau Annemarie, geb. Graf, in Rehau
1965-1969	Besuch der Volkschule in Rehau
1969-1979	Besuch des Gymnasiums in Selb
05.1979	Abiturprüfung
11.1979	Beginn des Studiums der Geologie an der Universität Erlangen
06.1982	Diplomgeologen-Vorprüfung
10.1984	Vermählung mit Andrea Nachlinger
06.1985	Diplomgeologen-Hauptprüfung
10.1985	Beginn einer Dissertation an der Universität Erlangen-Nürnberg im Bereich angewandte Geologie

DRUCK UND BINDUNG

THERESIENSTR: 3, 8500 FÜRTH, TEL: 0911/748070